

Die intraligamentäre Anästhesie als primäre Methode der
zahnärztlichen Lokalanästhesie unter besonderer Betrachtung
der angewandten Injektionssysteme und der damit generierten
Effekte beim Patienten

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)**

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der
Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Maria Csidek geb. Kolberg
geboren am 14. April 1981 in Nordhausen

Gutachter:

1. _____

2. _____

3. _____

Tag der öffentlichen Verteidigung: _____

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	3
2.1	Die zahnmedizinische Behandlung unter Schmerzausschaltung	3
2.1.1	Die lokale Schmerzausschaltung in der Zahnheilkunde	4
2.1.1.1	Die Infiltrationsanästhesie	4
2.1.1.2	Die Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior	4
2.1.1.3	Die intraligamentale Terminal-Anästhesie	6
2.2	Die Einzelzahnanästhesie	7
2.2.1	Grundsätzliches der Einzelzahnanästhesie	11
2.3	Die intraligamentäre Anästhesie	13
2.3.1	Die Grenzen der intraligamentären Anästhesie	13
2.3.2	Anästhesieprofil	13
2.3.3	Indikationen und Kontraindikationen	14
2.3.4	Applikation	15
2.4	Instrumentarien für die intraligamentäre Anästhesie	18
2.4.1	Injektionssysteme vom Pistolentyp	18
2.4.2	Dosierhebel-Spritzen	20
2.4.3	Dosierrad-Spritzen	22
2.5	Die Anwendung der intraligamentären Anästhesie	24
2.5.1	Patientengruppen	24
2.5.2	Angezeigte Indikationen	26
2.6	Komplikationen	29
2.6.1	Histologische Effekte	29
2.6.2	Wundheilungsstörungen	29
2.6.3	Bakteriämien	30
2.6.4	Ungewünschte Effekte	30
3	Frage- und Zielstellung der Vergleichsstudie	32
3.1	Studienfragestellung und Hypothesen	32
3.2	Studienziel	33

4	Material und Methoden	34
4.1	Systemvergleich und Studienumfang	34
4.2	Patientengut	35
4.3	Angewandte Materialien	35
4.4	Signifikanztests	39
5	Ergebnisse	40
5.1	Injektionssystem-Vergleich	46
5.1.1	Anästhesieerfolg	46
5.1.2	Erforderliche Anästhetikamenge	48
5.1.3	Dauer der Anästhesie	49
5.1.4	Nachanästhesie bei Nachlassen der Anästhesie	50
5.1.5	Ungewünschte Effekte – Beeinträchtigungen durch die Anästhesie nach Ende der Behandlung	50
5.1.6	Zustand nach Abschluss der Behandlung	53
5.2	Schmerzausschaltung vor zahnerhaltenden Maßnahmen	55
5.3	Signifikanzberechnungen	57
6	Diskussion	58
7	Schlussfolgerung	65
8	Abbildungsverzeichnis	67
9	Tabellenverzeichnis	68
10	Literaturverzeichnis	69
11	Anhang	77
11.1	Erhebungsmaterial (Formulare)	77
	Danksagung	79
	Lebenslauf	80
	Ehrenwörtliche Erklärung	81

1 Zusammenfassung

Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit war es herauszufinden, ob die für intraligamentale Injektionen aktuell zur Verfügung stehenden mechanischen Injektionssysteme und ihrer Anwendung bei der Lokalanästhesie vor Maßnahmen der Zahnerhaltung zu unterschiedlichen Ergebnissen und Effekten führen. Dazu wurden jeweils mindestens 100 Fälle von angezeigten zahnerhaltenden Maßnahmen dokumentiert, die unter lokaler Schmerzausschaltung erfolgen sollten. Zur Erreichung einer ausreichenden intraligamentären Anästhesie (ILA) wurden Spritzensysteme vom Pistolentyp mit Druckbegrenzung, vom Dosierhebeltyp und vom Dosierradtyp mit systemadaptierten Kanülen 0,3 mm/12 mm mit extra kurzem Anschliff angewandt. Appliziert wurde in allen Fällen das Lokalanästhetikum Articainhydrochlorid (4 %) mit Adrenalinzusatz 1:200.000 (*Ultracain D-S*, Sanofi-Aventis, vormals Hoechst AG, Frankfurt).

Mit allen drei verglichenen Spritzensystemen war es möglich, durch intraligamentale Injektionen eine für die indizierten Behandlungen des Einzelzahnes ausreichende Analgesie zu erreichen. Für den Behandler zeigten sich bei der Anwendung der technisch unterschiedlichen Injektionssysteme deutliche Unterschiede, die sich auch auf das Ergebnis – einer den Patienten schonenden Schmerzausschaltung vor zahnerhaltenden therapeutischen Maßnahmen – auswirkten. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die intraligamentäre Anästhesie eine sichere und zuverlässige Methode der Lokalanästhesie ist, die nur gelegentlich zu minimalen ungewünschten Effekten führt, wenn bewährte Anästhetika appliziert werden, die Injektion vom Behandler sicher beherrscht wird und dieselbe unter kontrollierten Bedingungen erfolgt.

Die dokumentierten Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

- Sehr hoher Anästhesieerfolg (initial 79,4 % bis 83,0 % ; komplettiert 99,1 % bis 100 %), der praktisch ohne bzw. mit geringer Latenzzeit eintritt.
- Ausgeprägte Anästhesietiefe, welche die angezeigten zahnerhaltenden Maßnahmen uneingeschränkt ermöglichte.

- Sichere Komplettierung durch intraligamentale Injektionen bei unzureichender oder nachlassender Anästhesie.
- Kurze Anästhesiedauer ohne beeinträchtigendes Gefühl von Taubheit und Einschränkung des Empfindungsvermögens.
- Geringe Anästhesiemenge, durch welche das Risiko pharmakologischer Nebenwirkungen reduziert wird.
- Unterschiede bei der Anwendung der drei verglichenen Injektionssysteme.

Über Nebenwirkungen bei der intraligamentären Anästhesie, z. B. Elongationsgefühl oder Druckschmerz nach Abklingen der Analgesie, wurde in 64 Fällen (19,4 %) von den Patienten berichtet; diese Effekte waren bei den meisten Patienten innerhalb von 24 Stunden abgeklungen. Sie sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die intraligamentalen Injektionen – in Abhängigkeit vom verwendeten Spritzensystem – gegen den bei gesunden Parodontien üblichen hohen Gewebswiderstand relativ leicht erfolgen konnten. Leichte reversible Gewebsveränderungen (tissue changes – Drucknekrosen) wurden insgesamt bei 4 Patienten (1,2 % der Fälle) diagnostiziert. Um ungewünschte Effekte zu vermeiden und Gewebsschädigungen vorzubeugen wird empfohlen, die intraligamentalen Injektionen bewusst langsam vorzunehmen.

Von den verglichenen Spritzensystemen hat sich – für die Indikation „zahnerhaltende Maßnahmen“ – das Dosierrad-Spritzensystem als sehr sensibles Instrumentarium erwiesen. Weil bei dieser Spritze keine zwischengelagerten Hebel die aufgewandten Kräfte verstärken, spürt der Behandler den zu überwindenden Gegendruck unmittelbar in der eigenen Hand. Am Ende der Injektion und bei einem erforderlichen Umpositionieren der Kanüle, z. B. bei erforderlichen 2. und 3. Injektionen am selben Zahn, kann durch das Zurückdrehen des Dosierrades der Druck wieder abgebaut werden, sodass kein Anästhesiemittel in den Mund fließt und dort auch keinen unangenehmen Geschmack hinterlässt.

Aufgrund der Ergebnisse des durchgeführten Vergleichs der Spritzensysteme kann die intraligamentäre Anästhesie, eine ausreichende Zeit der Einübung und Gewöhnung vorausgesetzt, für alle zahnerhaltenden Behandlungen am Einzelzahn als primäre Methode der Lokalanästhesie empfohlen werden.

2 Einleitung

2.1 Die zahnmedizinische Behandlung unter Schmerzausschaltung

Neben den auf pathophysiologischen Mechanismen beruhenden Phänomenen akuten oder chronischen Schmerzes wird der Zahnarzt während seiner häufig invasiven therapeutischen Maßnahmen mit der Tatsache konfrontiert, den Patienten im Verlauf der Behandlung oder u. U. in deren Folge Schmerzen zu bereiten. Dies trifft sowohl auf chirurgische als auch zahnerhaltende und prothetische Behandlungsschritte zu, schreiben Glockmann und Taubenheim (2002) und führen dann weiter aus, dass die Patienten heute überwiegend eine möglichst schmerzfreie oder zumindest schmerzarme Behandlung erwarten. Schmerzfreiheit ist eine wichtige Voraussetzung für ihre Kooperationsbereitschaft.

Zur Reduktion oder Ausschaltung der objektiven Schmerzreaktionen und des subjektiven Schmerzerlebnisses während zahnärztlicher Behandlungen kommen in Betracht:

- die psychologische Führung der Patienten
- die Arbeitsweise der Zahnärzte und ihres Teams
- eine eventuelle Prämedikation besonders ängstlicher Patienten
- die medikamentöse Schmerzausschaltung durch Lokalanästhesie
- bei besonderer Indikation eine Allgemeinanästhesie.

Abgesehen von der Allgemeinanästhesie bei größeren kieferchirurgischen Eingriffen und der Behandlung nichtkooperativer Patienten ist die Lokalanästhesie die dominierende Methode der Schmerzausschaltung in der Zahnheilkunde.

2.1.1 Die lokale Schmerzausschaltung in der Zahnheilkunde

Bei Maßnahmen der zahnärztlichen Versorgung erfolgt häufig Schmerzausschaltung durch eine dentale Lokalanästhesie, i. d. R. Infiltrations- oder Terminalanästhesie im Oberkiefer und im Frontzahnbereich des Unterkiefers bzw. Leitungsanästhesie im Unterkiefer-Seitenzahnbereich.

2.1.1.1 Die Infiltrationsanästhesie

Die Infiltrationsanästhesie, auch Terminalanästhesie genannt, dient der Ausschaltung der Endäste des 2. oder 3. Trigeminusastes. Sie erfolgt in zweckmäßiger Weise von intraoral. Dazu wird submukös ein Depot von 0,5-1,5 ml Anästhetikum in Richtung Wurzelspitze des zu anästhesierenden Zahns gesetzt. Das Anästhetikum diffundiert durch den Knochen und entfaltet an den Nervenendigungen seine Wirkung.

Die Anästhesie umfasst die Region des betreffenden Zahns sowie die Gingiva und die vestibulären Weichteile. Der Eintritt der lokalen Anästhesie erfolgt innerhalb von wenigen Minuten, abhängig von der Lage des Depots zur Wurzelspitze.

Anästhesieversager sind durch falsche Technik, morphologische Varianten, entzündliches Gewebe und biologische Variationsbreite möglich (Lipp 1992, Schwenzer und Ehrenfeld 2000).

2.1.1.2 Die Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior

Die Blockade des N. alveolaris inferior ist eine Leitungsanästhesie der Endäste des 3. Trigeminusastes kurz vor Eintritt des N. mandibularis in das Foramen mandibulae. Sie ermöglicht die Durchführung umfangreicher Eingriffe in einem Unterkiefer-Quadranten mit nur einer Injektion. Diese kann von intraoral und von extraoral erfolgen, wobei primär die intraorale Methode gelehrt (Lipp 1992) und angewandt wird. Dabei kommt es zu einer Schmerzausschaltung im gesamten Versorgungsgebiet (Rahn 2003).

Die Gefahr einer intravasalen Injektion bei der Leitungsanästhesie ist aufgrund des topografisch-anatomisch gegebenen Gefäßreichtums und seiner Variationsbreite in der Schädel-Gesichtsregion besonders groß. Die Angaben zu unbeabsichtigten Gefäßkontakten bei der Injektion schwanken zwischen 11 % (Weber 1981) und bis zu 20 % (Lipp und Daubländer 1998). Evers und Haegerstamm (1991) schreiben, dass in mehr als 30 % der Fälle nachweislich Blut aspiriert wurde.

Durch die Insertion der Kanüle kann eine Schädigung des N. mandibularis durch Stichverletzungen oder eine intranervale Injektion erfolgen. Eine Verletzung des N. lingualis kann zu lang anhaltenden Geschmacksstörungen und Taubheit der betroffenen Zungenseite führen. Wird der N. alveolaris inferior geschädigt, kann es zu einer Parästhesie oder Anästhesie der betroffenen Seite kommen. Eine Kombination aus beiden Verletzungsarten ist ebenfalls möglich (Gabka 1986).

Kontraindiziert ist diese Anästhesieform bei Patienten mit hämorrhagischer Diathese oder Marcumar- oder Heparintherapie. Bei diesen Patienten bedarf es zwingend einer anderen Anästhesiemethode (Heizmann und Gabka 1994, Schwenzer und Ehrenfeld 2000).

Die aktuelle Rechtsprechung des BGH und der OLG München, Köln und Koblenz verpflichtet die anwendenden Mediziner, die mit der in Betracht kommenden Therapie verbundenen Risiken und die Alternativen im Aufklärungsgespräch mit dem Patienten zu thematisieren (Taubenheim und Glockmann 2006). Bei einer anstehenden Behandlung im Unterkiefer unter Schmerzausschaltung bedeutet dies für den behandelnden Zahnarzt, dass er das Risiko einer Nervenläsion bei einer Leitungsanästhesie und die möglichen Alternativen, z. B. die intraligamentäre Anästhesie, dem Patienten darlegen und ggf. dessen Einverständnis dafür einholen muss.

2.1.1.3 Die intraligamentale Terminal-Anästhesie

Die intraligamentale Terminal-Anästhesie, auch intraligamentäre Anästhesie (ILA) genannt, kommt bisher nur in begründeten Einzelfällen zur Anwendung. Diese Methode ist zwar seit Anfang des letzten Jahrhunderts bekannt (Chompret 1920; Bourdin 1925) und umfassend dokumentiert. In seiner Promotionsarbeit verweist Bourdain (1925) auf Granjeon, dem die ersten intraligamentären Anästhesien (1903) zugeschrieben werden.

Noch Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden intraligamentale Injektionen mit üblichen Aspirationsspritzen durchgeführt (Walton und Abbott 1981).

Die medizintechnische Entwicklung Ende der 70er / Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts führte zu Spritzensystemen, mit denen der vom Behandler aufzubauende Injektionsdruck durch ein mehrstufiges Hebelsystem verstärkt wurde.

Die zur Verfügung stehenden Instrumentarien

- Pistolenspritzen, z. B. vom Typ *Peripress*, *Ligmaject* u. ä.
- Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung, z. B. *Ultraject*
- Dosierhebelspritzen, z. B. *Citoject* u. ä.

wurden als unterschiedlich geeignet betrachtet.

2.2 Die Einzelzahnanästhesie

Die intraligamentäre Anästhesie (ILA) ermöglicht die Analgesie eines einzelnen Zahnes (Einzelzahnanästhesie). Dabei wird das Anästhetikum in das Ligamentum circulare via Sulcus gingivalis des zu anästhesierenden Zahnes injiziert. Dadurch wird die Betäubung eng begrenzt und eine Taubheit benachbarter Bezirke, etwa von Lippen, Wangen oder Zunge, vermieden (Glockmann und Taubenheim 2002).

Seit etwa 1980 wurden systematisch die im Zusammenhang mit der intraligamentären Anästhesie (periodontale Ligament-Injektion) u. a. von der ADA (American Dental Association) postulierten Fragen (Giovannitti und Nique 1982) zu dieser Lokalanästhesie-Methode und ihrer Anwendung aufgeklärt und beantwortet:

Die Ergebnisse zahlreicher tierexperimenteller Studien belegen, dass durch intraligamentale Injektionen histologische Effekte verursacht werden können, die aber innerhalb kurzer Zeit regenerieren, sodass bleibende Schäden am Parodont bei Anwendung der ILA weder durch den Flüssigkeitsdruck noch durch die eingedrungene Kanüle zu erwarten sind:

- Walton und Garnick (1982) gewannen wichtige Erkenntnisse zu histologischen Effekten nach Injektionen in das periodontale Ligament bei tierexperimentellen Studien an Affen. Gewebsuntersuchungen erfolgten am Tage der Injektion/Penetration sowie 10 und 25 Tage später. Die festgestellten Veränderungen zeigten Anzeichen schneller Reversibilität, sodass nach 25 Tagen jegliche Entzündungsreaktion fehlte.
- Fuhs et al. (1983) konnten mit einem an Walton und Garnick (1982) angelehnten Studiendesign am Parodont von Hunden histologisch keinen Nadeltrakt nachweisen, da dieser nach Herausziehen der Kanüle offenbar kollabiert.
- Galili et al. (1984) haben in Ergänzung klinischer Untersuchungen von Kaufman et al. (1983) bei einem Pavianaffen an 14 Zähnen einen Tag und eine Stunde vor sowie 3, 8, 15 und 22 Tage nach der intraligamentalen Injektion mittels einer Druckspritze von je 0,2 ml Lignocain 2 % mit 1 : 100 000 Adrenalin Gewebeuntersuchungen durchgeführt. Während der 22tägigen Experimentalperiode wurden an keiner der Injektionsstellen irgendwelche klinischen Anzeichen einer periodontalen Verletzung festgestellt.

- Müller und Henne (1985) konnten in unmittelbar nach der Injektion entnommenem parodontalen Gewebe von Hausschweinen einen Stichkanal und in der Umgebung Erythrozytenansammlungen sowie eine geringfügige entzündliche Infiltrationen nachweisen, die auch nach 7 Tagen noch erkennbar waren. Da nach 21 Tagen im histologischen Bild keine Gewebsveränderungen mehr feststellbar waren, kommen die Autoren übereinstimmend mit Walton und Garnick (1982) zu der Schlussfolgerung, dass bleibende Schäden am Parodont bei Anwendung der ILA weder durch den Flüssigkeitsdruck noch durch die eingedrungene Kanüle zu erwarten sind.
- Entsprechende Feststellungen liegen auch von Tagger et al. (1994) vor.
- Von Hassebrauck (1987) ließen sich weder an gesunden noch an bereits erkrankten Parodontien von Beagle-Hunden nach einmaliger intraligamentaler Injektion mit einer *Citoject*-Spritze gegenüber unbehandelten Zähnen auffällige histologische Veränderungen am Zahnhalteapparat nachweisen.
- An Zähnen bei Hunden der gleichen Rasse wurden von Solisch (1989) nach zwanzigmaler Injektion mit jeweils einwöchiger Pause keine pathologischen Veränderungen festgestellt. Diese schnellen Regenerationen werden mit dem Zell-Turnover gingivaler und desmodontaler Zellen von 8 - 12 Tagen (Page und Amons, 1974) und der Zellen des Saumepithels von 6 - 7 Tagen erklärt.
- Nach intraligamentalen Injektionen stellten Mangold et al. (1990) bei Meerschweinchen akute Veränderungen der Gingiva und des Desmodonts fest. Nach einer Woche waren jedoch die Reparationsvorgänge auch in diesem Tierexperiment nahezu abgeschlossen.
- In einer tierexperimentellen Studie beobachteten Plagmann und Jagenow (1984) an 3 Göttinger Minischweinen Abrisse von Desmodontalfasern vom Knochen, wenn mehrmals an der gleichen Stelle injiziert wird. Als Konsequenz daraus ist zu schlussfolgern, dass eventuell erforderliche Nachinjektionen immer an anderer Stelle als die Primärinjektion vorzunehmen sind.

Wegen der anatomischen und physiologischen Unterschiede des periodontalen Ligaments des Hundes (weniger dichtes Bindegewebe, stärkere Vaskularität) im Vergleich zum Menschen (Fuhs et al. 1983), ist das beobachtete Ausbleiben von Stichwunden, Gewebsrissen und Abrissen des Epithels vom Wurzelzement nicht uneingeschränkt auf die Verhältnisse am menschlichen Parodont übertragbar.

In klinischen Studien wurden speziell die ungewünschten Effekte wie postoperative Beeinträchtigungen und histologische Reaktionen betrachtet:

- Bei 187 Patienten zwischen 5 und 70 Jahren beobachteten Kaufman et al. (1983) unter 258 Zähnen einen (1) Fall von Papillitis mit marginaler Nekrose. Fünf Patienten klagten über leichte postoperative Schmerzen, die bis zu 2 Tagen anhielten und auf eine Periodontitis zurückgeführt wurden.
- Zugal et al. (2005) haben bei 205 dokumentierten Fällen intraligamentaler Injektionen (132 Patienten) keine ungewünschten Effekte (Missbehagen, Aufbissempfindlichkeit) oder Gewebsveränderungen (Nekrosen) festgestellt.

Nach Auswertung der erwähnten Untersuchungsergebnisse ist die Schlussfolgerung berechtigt, dass der Ansatz der intraligamentären Anästhesie hinsichtlich des Parodonts ein sicherer ist, der nur zu minimalen, kurzzeitigen und reversiblen entzündlichen Änderungen führt und eine zusätzliche zuverlässige Lokalanästhesiemethode für die Zahnheilkunde darstellt (Glockmann und Taubenheim 2002).

Auch die anderen gestellten Fragen (Giovanniti und Nique 1982) wurden evidenzbasiert beantwortet:

Die injizierte Anästhesielösung breitet sich durch das periodontale Ligament und die benachbarten Strukturen aus. Die ersten Erklärungsversuche der ILA gingen von einer Ausbreitung des Anästhetikums entlang des Parodontalspaltes aus. Diese Theorie wurde anhand von Tierversuchen widerlegt (Walton und Garnick 1982, Garfunkel et al. 1983, Smith und Walton 1983, Plagmann und Jagenow 1984).

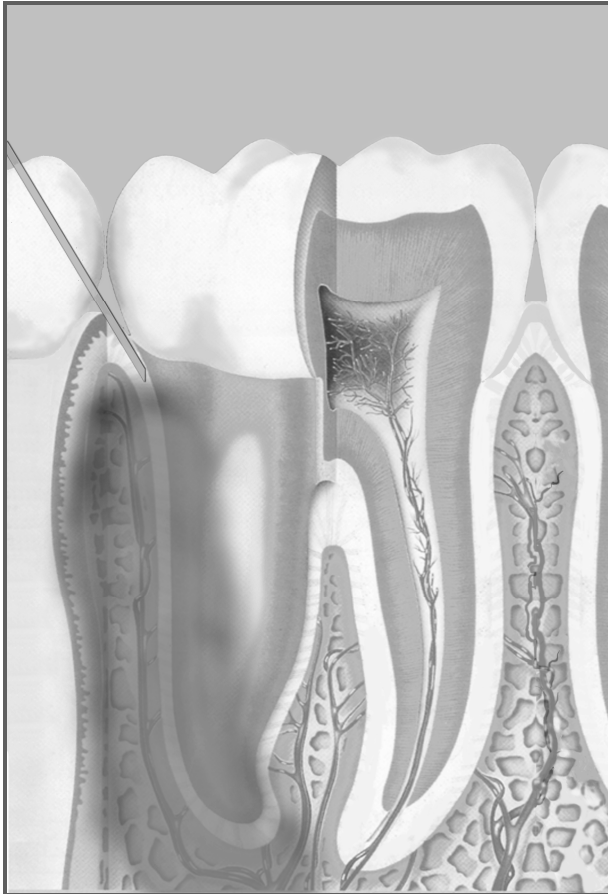


Abbildung 1: Ausbreitung des Anästhetikums

Der Anästhesieeffekt tritt durch die Desensibilisierung der den Zahn umgebenden Nervenendigungen bei der intraossären Ausbreitung des Anästhetikums ein. Nach etwa 30 Sekunden erreicht das injizierte Anästhetikum das Foramen apicale und anästhesiert dort sofort den Pulpanerv (Walton und Garnick 1982, Garfunkel et al. 1983, Smith und Walton 1983, Plagmann und Jagenow 1984, Müller und Henne 1991).

Lin et al. (1985) kommen zu der Schlussfolgerung, dass in der Pulpa nach intraligamentaler Injektion pathologische Veränderungen, wie hydropische Degeneration, ischämische Nekrose oder Entzündung ebenso wenig wie irreversible Schädigungen des Periodonts festzustellen sind.

Die Ungefährlichkeit vasokonstriktorischer Zusätze zum Lokalanästhetikum für die Pulpa wurde in Studien von Gray et al. (1987) und Grund et al. (1992) bestätigt. Auch Torabinejad et al. (1993) konnten keine deletären Langzeiteffekte im Pulpengewebe nach intraligamentalen Injektionen feststellen.

2.2.1 Grundsätzliches der Einzelzahnanästhesie

Bei der intraligamentären Anästhesie (ILA) wird das Anästhetikum vom Behandler unter kontrolliertem Druck durch das periodontale Ligament (Periodontium) in das Ligamentum circulare (Desmodont) via Sulcus gingivalis des zu anästhesierenden Zahnes injiziert.

Für jede Wurzel des zu anästhesierenden Zahnes ist mindestens ein Injektionspunkt zu definieren. Er richtet sich nach der Anatomie des Zahnes, liegt aber immer dicht unterhalb des Zahnhalses. Prinzipiell kann entlang der gesamten Ausdehnung des Sulkus injiziert werden, als vorteilhaft – weil leichter zu erreichen – haben sich jedoch die mesialen und distalen Anteile (etwas nach vestibulär versetzt) erwiesen.

Die Kanüle wird bis zu einem deutlichen Widerstand in den Sulkus eingeführt und dann etwa 1 bis 2, maximal 3 mm in den Parodontalspalt vorgeschoben (Abb. 2). Zur vollständigen Anästhesie werden im Allgemeinen pro Zahnwurzel etwa 0,2 ml Anästhetikum benötigt. Bei der Applikation des Anästhetikums muss ein Gegendruck spürbar sein. Durch sanften Injektionsdruck wird dieser natürliche Widerstand des Desmodontalgewebes überwunden.

Die den Zahn und die Alveole umgebenden Gewebe, d. h. der spongiöse Alveolarknochen und die Gingiva, resorbieren das injizierte Anästhetikum langsam. Dort befindliche Nervenendigungen werden sofort desensibilisiert (Glockmann et al., 2005; Taubenheim, 2005).

Um eine Diffusion der Anästhesielösung durch das Desmodontalgewebe bis zum Apex zu erreichen, muss der vom Behandler aufgebaute Druck während der gesamten Dauer der Injektion aufrechterhalten werden (Glockmann und Taubenheim 2002).

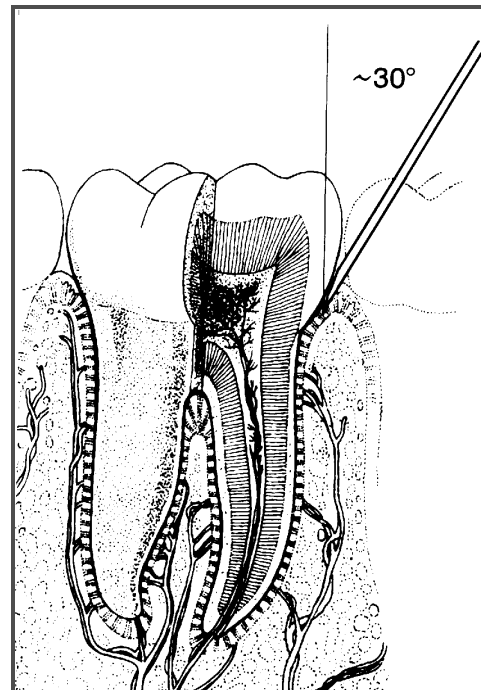


Abbildung 2: Die Kanülenspitze wird entlang des Zahnhalses etwa 1 bis 2, maximal 3 mm in den Parodontalspalt vorgeschoben.

2.3 Die intraligamentäre Anästhesie (ILA)

Im Rahmen von Vergleichsstudien wurden Ergebnisse gewonnen, dokumentiert und publiziert, die die Basis für die Anwendung dieser Lokalanästhesie-Methode sein sollten.

2.3.1 Die Grenzen der intraligamentären Anästhesie

Wegen der eng begrenzten Ausbreitung des injizierten Anästhetikums und der relativ kurzen Dauer der intraligamentären Anästhesie kann diese die Anforderungen für extensive chirurgische Eingriffe nicht erfüllen. Obwohl es möglich ist, den Ausbreitungsraum der Analgesie durch zusätzliche Injektionspunkte und die Erhöhung der Anzahl der intraligamentalen Injektionen zu vergrößern, kann die ILA nicht für länger dauernde und ausgedehnte dentoalveoläre chirurgische Eingriffe angewandt werden (Glockmann et al. 2005, 2007).

2.3.2 Anästhesieprofil

Das Anästhesieprofil dieser Lokalanästhesie-Methode öffnet dem behandelnden Zahnarzt die Möglichkeit, die Behandlungsabläufe zu optimieren.

Die enge Begrenzung des Anästhesiebereichs ermöglicht eine gezielte Einzelzahnanästhesie. In derselben Sitzung können problemlos Zähne in verschiedenen Quadranten behandelt werden (Zugal 2001).

Da praktisch keine oder nur eine geringe Latenz zwischen Injektion und Anästhesieeintritt besteht, ist der Behandler in der Lage, den Anästhesieerfolg unmittelbar nach Ende der Injektion festzustellen (Weber 2005). Dazu ist die Sensibilitätsprüfung mit einem Kältetest geeignet.

Die ILA zeichnet ein hoher Anästhesieerfolg aus, d. h. es muss nur mit einer sehr geringen Versagerrate gerechnet werden (Zugal 2001, Dirnbacher und Weber 2006).

Die Patienten werden durch die ILA nicht beeinträchtigt; nach Abschluss der Behandlung besteht keine Einschränkung von Artikulation und Mastikation (Dirnbacher und Weber 2006, Weber et al. 2006).

Die Anästhesiedauer ist kurz (~ 30 Minuten), aber ausreichend lang für fast alle anstehenden Behandlungen des Einzelzahns. Durch intraligamentale Nachinjektionen kann die Dauer problemlos ausgedehnt werden (Glockmann et al. 2005).

Es besteht kein Risiko unkontrollierter postoperativer Verletzungen (keine Taubheit in Wangen, Lippen und Zunge). Nach Abschluss der Behandlung unter ILA ist die Dispositionsfähigkeit des Patienten nicht eingeschränkt (Dirnbacher und Weber 2006).

2.3.3 Indikationen und Kontraindikationen

Für die die ILA als Lokalanästhesiemethode kommen als Indikationen in Betracht:

- Restaurative Maßnahmen an allen Zähnen, einschließlich Kavitäten- und Kronenpräparationen (Zugal 2001; Dirnbacher 2002).
- Endodontische Behandlungen (Husson et al. 1985; Glockmann et al. 2007).
- Differenzialdiagnose unklarer irradiierender pulpitischer Beschwerden (Simon et al. 1982, Littner et al. 1983, Dirnbacher et al. 2002, Zugal et al. 2005).
- Möglichkeit der Nachinjektion auch unter Kofferdam (Dirnbacher 2002, Weber 2005).
- Einzelzahnextraktionen im permanenten Gebiss (Heizmann und Gabka 1994).
- Komplettierung von Anästhesieversagern – ein partielles Versagen der Leitungsanästhesie kann oft durch intraligamentale Nachinjektionen komplettiert werden (Malamed 1982, Weber 2005).
- Bei einer apikalen Parodontitis führt eine zusätzliche intraligamentale Injektion vielfach zur Schmerzfreiheit (Schwenzer und Ehrenfeld 2000).

Als Kontraindikationen für intraligamentale Injektionen sind zu betrachten (Glockmann und Taubenheim 2002):

- Erkrankungen des Endokards, der Herzklappen und deren künstlicher Ersatz, wegen einer möglichen Bakteriämie (s. 2.6.3 Komplikationen – Bakteriämien),

- profunde marginale Entzündung der Parodontiums und
- Zähne mit einem sklerosierten Parodontalspalt.

Ebenso ist bei Patienten mit Immunsuppression Zurückhaltung zu empfehlen. Zu überdenken ist die intraligamentale Injektion im Milchgebiss, wenn sich in der unmittelbaren Umgebung des Milchzahns die nicht mineralisierte Anlage eines bleibenden Zahns befindet (Brännström et al. 1984).

2.3.4 Applikation

Pro Zahnwurzel müssen etwa 0,2 ml Anästhetikum appliziert werden (Glockmann und Taubenheim 2002).

Das unter Druck ins Ligament injizierte Anästhetikum breitet sich intraossär und entlang des Desmodontalspaltes aus und erreicht in etwa 30 Sekunden das Foramen apikale. Auf diese Weise werden sowohl die Pulpa als auch die zahnumgebenden Nervenendigungen desensibilisiert (Tagger et al. 1994, Garfunkel et al. 1983, Plagmann und Jagenow 1984).

Bei entzündetem Gewebe (veränderter pH-Wert) kann sich der Eintritt der Anästhesie um 60 - 90 Sekunden verzögern (Weber 2005, Weber et al. 2006, Glockmann et al. 2007).

Damit das Anästhetikum problemlos ins Desmodont diffundieren kann, muss es sehr langsam – den anatomischen Verhältnissen des Patienten angepasst – injiziert werden (Glockmann und Taubenheim 2002, Weber et al. 2006, Zugal et al. 2005).

Die Injektionszeit beträgt:

- bei der ersten Wurzel etwa 20 Sekunden,
- bei der zweiten Wurzel desselben Zahns > 20 Sekunden und
- bei einer dritten Wurzel desselben Zahns \geq 25 Sekunden.

Dadurch wird vermieden, dass es zu einer Depotbildung kommt, sich der Zahn minimal in der Alveole bewegt (Huber und Wilhelm-Höft 1988) und ungewünschte Effekte nach Ende der Anästhesie generiert werden (Druckschmerz, Elongationsgefühl). Diese angepasst langsame Injektion ins Ligament beugt gleichfalls druckbedingten Gewebsveränderungen (Nekrosen) vor, die ggf. iatrogen sind (Zugal et al. 2005).

Nach der Indikationsstellung empfiehlt sich folgendes Vorgehen (Glockmann und Taubenheim 2002, Glockmann et al. 2005):

- Injektionspunkt für jede Wurzel festlegen.
- Kanüle fallweise angulieren, um distale Injektionspunkte leichter zu erreichen.
- Zur Desensibilisierung einen Tropfen Anästhetikum auf dem Zahnfleischsaum ablegen (Abb. 3).
- Kanülenspitze etwa 1 - 2 maximal 3 mm in den Parodontal-Spalt einführen, bis fester Kontakt mit dem Desmodont gespürt wird. Die freie Hand kann die Einführung der Kanüle unterstützen.
- Dosiereinrichtung ganz langsam und gleichmäßig – gegen den Gewebswiderstand – bedienen. Der spürbare Gegendruck muss während der gesamten Dauer der Injektion erhalten bleiben.
- Das sehr langsam injizierte Anästhetikum wird vom spongiösen Alveolarknochen sukzessive resorbiert.
- Die Anästhesie tritt unverzüglich ein und ist nach etwa 30 Sekunden in voller Tiefe ausgeprägt; bei entzündetem Gewebe kann sich der Anästhesieeintritt leicht (60 - 90 sec) verzögern, da das Anästhetikum durch den veränderten pH-Wert des Gewebes langsamer anflutet.
- Nach circa 30 Minuten ist das Empfindungsvermögen wieder zurückgekehrt. Bei länger dauernden Behandlungen kann problemlos intraligamental nachinjiziert werden, ggf. in die Furkation.



Abbildung 3: Applikation eines Tropfens Anästhetikum zur Oberflächenanästhesie vor Eindringen der Kanüle

Durch die kurze Anästhesiedauer ist die Dispositionsfähigkeit des Patienten nach Abschluss der Behandlung – gleich welcher Art – nicht eingeschränkt, im Gegensatz zu den konventionellen Methoden der Lokalanästhesie (Dirnbacher und Weber 2006).

2.4 Instrumentarien für die intraligamentäre Anästhesie

Spritzen zur intraligamentalen Injektion müssen dem anwendenden Zahnmediziner die Möglichkeit geben, einen an die individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten angepassten Injektionsdruck aufzubauen und das Anästhetikum mit Minimaldruck zu applizieren (Glockmann und Taubenheim 2002).

Prinzipiell können intraligamentale Injektionen mit allen Spritzensystemen für dentale Lokalanästhesien durchgeführt werden (Bourdin 1925, Smith, Walton und Abbott 1983, Walton und Abbott 1981). Bei der Injektion des Anästhetikums ins periodontale Ligament ist der natürliche Gewebswiderstand des Desmodonts (Periodontium) zu überwinden.

Um den erforderlichen Injektionsdruck leichter und durch den Behandler kontrolliert aufbauen zu können, wurden sukzessive spezielle Spritzensysteme von unterschiedlichen Herstellern entwickelt, zum Beispiel Ende der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts Pistolenspritzen vom Typ *Peri-Press*, *Ligmaject* und *Ultraject*, (Abb. 4 und 5) sowie Anfang der 80er Jahre die Dosierhebelspritzen *Citoject* und *Paroject* (Abb. 6 und 7). Allerdings bewertete bereits 1982 die ADA (American Dental Association) die Pistolen-Spritzen nur als bedingt geeignet für periodontale Ligament-Injektionen (Giovannitti und Nique 1982).

2.4.1 Injektionssysteme vom Pistolentyp

Bei den sogenannten „Pistolenspritzen“ wird durch ein integriertes Hebelsystem die vom Behandler durch seinen Zeigefinger aufgebrachte Kraft mechanisch verstärkt und für die Injektion des Anästhetikums genutzt. Bei den Injektionen aufgezeichnete Kräfte sind sehr unterschiedlich und variieren in einem Bereich von 10 N(ewton) bis 344 N (Leilich et al. 1985). Wegen dieser extremen Variabilität für den Behandler wurde empfohlen, die ILA nicht für Routinebehandlungen anzuwenden (Giovannitti und Nique 1983).



Abbildung 4: Pistolen-Spritzen ohne Druckbegrenzung *Ligmaject* (Henke-Sass Wolf) und *Peripress* (Resista)

Zur besseren Kontrolle des vom applizierenden Zahnarzt aufgebauten Injektionsdrucks bei diesen Injektionsapparaten wurde Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts von der Firma Henke-Sass Wolf (Tuttlingen) eine Pistolenspritze mit einem Mechanismus zur Begrenzung der Injektionskraft entwickelt (Rahn et al. 1987). Dieses Spritzensystem wurde unter dem Namen *Ultraject* von Hoechst (heute Sanofi-Aventis) auf den Markt gebracht (Abb. 5). Bei diesen Spritzen ist eine Druckbegrenzung bei 100 - 120 N integriert.



Abbildung 5: Pistolen-Spritzen mit Druckbegrenzung 120 N *Ultraject* (Sanofi-Aventis, früher Hoechst)

2.4.2 Dosierhebel-Spritzen

Bei den „Dosierhebel-Spritzen“, die Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts eingeführt wurden, übernimmt die Funktion des Auslösehebels ein seitlich am Griff angebrachter Dosierflügel (Abb. 7). Anstelle der bei den Pistolenspritzen üblichen 0,2 ml pro Abzug werden bei den Dosierhebel-Spritzen nur etwa 0,06 ml Anästhetikum pro Hub freigesetzt.



Abbildung 6: Dosierhebelspritzen *Citoject* (Heraeus-Kulzer, früher Bayer) und *Paroject* (Rönvig, Dänemark)



Abbildung 7: Spritzensystem *Citoject* mit Dosierflügel und integriertem Hebelsystem

Beiden Spritzensystemen ist gemeinsam, dass die vom Behandler aufgebrachte Kraft durch ein mehrstufiges Hebelsystem verstärkt wird. Der natürliche Gewebswiderstand (Gegendruck) wird mehr oder weniger leicht überwunden. Der Behandler hat dabei praktisch keine Möglichkeit, die individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten zu spüren und seinen Injektionsdruck entsprechend anzupassen oder ihn erforderlichenfalls gezielt wieder abzubauen.

2.4.3 Die Dosierrad-Spritzen

Seit 1998 steht für intraligamentale Injektionen ein Instrumentarium zur Verfügung, bei dem der Druckaufbau ohne zwischengelagerte Hebel erfolgt: ein Dosierrad gibt dem Behandler bei der Injektion die Möglichkeit, den Gegendruck des Gewebes direkt in seinem Daumen (oder Zeigefinger) zu spüren. Die auf das Dosierrad ausgeübte Kraft wird – infolge des Größenverhältnisses des Radantriebs – im Verhältnis 5,5 : 1 verstärkt und direkt auf die Zahn-Kolbenstange übertragen. Die klinische Eignung dieses Systems wurde von Marshall (2001) bewertet und positiv beurteilt (Abb. 8a und 8 b).

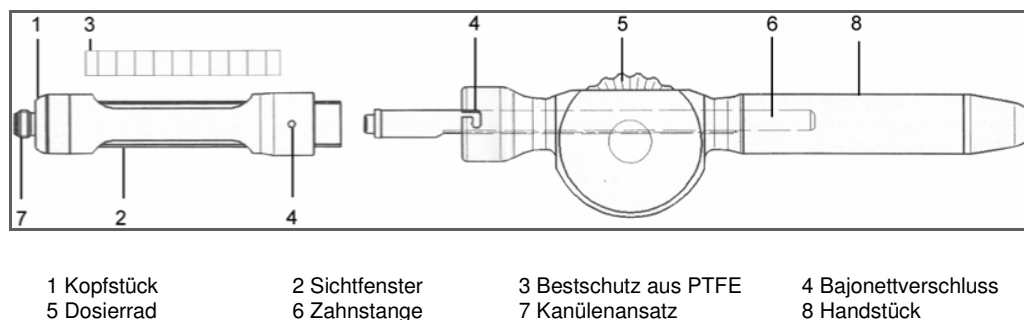


Abbildung 8a: Zeichnung Dosierrad-Spritze *SoftJect* (Henke-Sass Wolf)

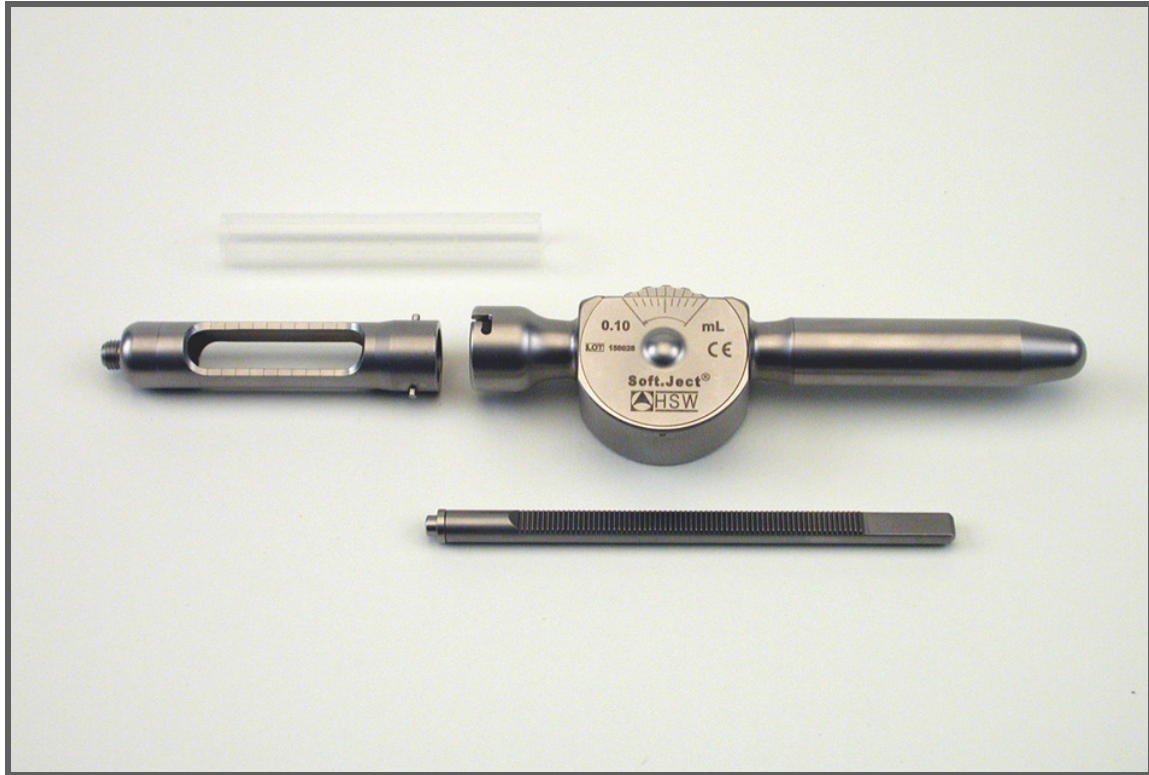


Abbildung 8b: Dosierrad-Spritze *SoftJect* (Henke-Sass Wolf, Tuttlingen) ohne zwischengelagerte Hebel

Zur Überprüfung der Behauptung des Herstellers der Dosierrad-Spritzen, dass mit diesem Injektionssystem auch mit kontrolliertem Minimaldruck in den Zahnhalteapparat via Sulcus gingivalis injiziert werden könne, wurden Druckmessungen am frischen Schweinekiefer durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Injektionszeit der zu überwindende Gegendruck des Gewebes messbar abnimmt. Bei Verwendung von 0,3 mm-Kanülen ist der Injektionsdruck bei Injektionszeiten >20 Sekunden für 0,2 ml Anästhetikum mit durchschnittlich 0,09925 MPa (Tobien und Schulz 2000) so gering, dass Drucknekrosen unwahrscheinlich sind (Dirnbacher und Taubenheim 2005, Zugal et al. 2005).

2.5 Die Anwendung der intraligamentären Anästhesie

Die aktuellen Studien (Zugal 2001, Dirnbacher 2002, Weber 2005) zeigen, dass die intraligamentäre Anästhesie – bei Anwendung sensibler Instrumentarien und deren sicherer Beherrschung durch den Behandler – für die Lokalanästhesie der meisten indizierten zahnmedizinischen Behandlungen (zahnerhaltende Maßnahmen und chirurgische Eingriffe geringeren Umfangs) in Betracht kommt. Wegen der eng begrenzten Ausbreitung des injizierten Anästhetikums und der relativ kurzen Dauer der Anästhesie kann die intraligamentäre Anästhesie jedoch die Anforderungen für extensive chirurgische Eingriffe nicht erfüllen. Daher sollte die ILA nicht für länger dauernde und ausgedehnte dentoalveoläre chirurgische Eingriffe gewählt werden (Glockmann et al. 2005).

2.5.1 Patientengruppen

Durch die sehr punktgenaue Injektion nur geringer Mengen Anästhetikum ist die intraligamentäre Anästhesie auch bei Risikopatienten als bevorzugte Methode der Schmerzausschaltung zu betrachten. Im Statusbericht: Intraligamentale Terminalanästhesie (Taubenheim 2005) wird die ILA besonders für diese Patientengruppen betrachtet, die der speziellen Aufmerksamkeit des Behandlers bedürfen (z. B. Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen).

Eine sorgfältig erhobene Anamnese setzt den Zahnarzt darüber in Kenntnis, ob eine allgemeine Erkrankung des Kreislaufs und des Herzens (Endokarditis, Herzklappenfehler, Herzklappenprothesen), eine innersekretorische Störung oder eine vegetative Dystonie vorliegt (Glockmann und Taubenheim 2002). Es muss weiter nach eventuell vorhandenen hämorrhagischen Diathesen und Allergien gefahndet werden.

Da die Medikamente, mit denen die verschiedenen Krankheiten, wie zum Beispiel Bluthochdruck, Depressionen oder Psychosen behandelt werden, Wechselwirkungen mit Katecholaminen haben können, ist ein größeres Risiko für nachteilige kardiovaskuläre Effekte in Erwägung zu ziehen, wenn sympathikomimetische Substanzen gleichzeitig mit Lokalanästhetika verabfolgt werden. Daraus folgt, dass

der Typ des verwendeten Vasokonstringens und die injizierte Gesamtdosis klinisch bedeutend sind. Die intraligamentale Anwendung der Lokalanästhetika entspricht diesen Gesichtspunkten, da sie nur einer geringen Menge von Anästhetikallösung und folglich auch von Adrenalin bzw. anderer gefäßwirksamer Zusätze bedarf. Somit können einige Probleme, denen ein Zahnarzt nach der Injektion von Lokalanästhetika bei gesundheitlich belasteten Patienten begegnen kann, durch Anwendung der intraligamentären Anästhesie vermieden werden (Heizmann und Gabka 1994).

Patienten mit hämorrhagischer Diathese und Marcumarmedikation erfordern die besondere Aufmerksamkeit des Behandlers. Das wichtige Thema der Lokalanästhesie bei diesen Patienten wird von Malamed (1982), Stoll und Bührmann (1983), Garfunkel et al. (1985) und Ah Pin (1987) ausführlich dargestellt. Bei diesen Patienten sind regionale Leitungsanästhesien wegen der Gefahr einer Gefäßverletzung kontraindiziert (Harnisch 1981, Heizmann und Gabka 1994, Schwenzer und Ehrenfeld 2000), es sei denn, es werden gemeinsam mit dem behandelnden Arzt entsprechende präoperative Vorbereitungen getroffen, bevor der N. alveolaris inferior anästhesiert wird. Bei Hämophiliepatienten wird auch die Infiltrationsanästhesie als ein gefährliches Vorgehen betrachtet (Cawson et al. 1983, Garfunkel et al. 1985, Schwenzer und Ehrenfeld 2000). Die Methode der ILA beugt Komplikationen vor, da sich die feinen Kapillaren des periodontalen Ligaments im dichten Bindegewebe befinden, das einen hohen Druck ausübt, wodurch Blutungen verhindert werden (Garfunkel et al. 1985).

Bei Kindern und Behinderten kann durch intraligamentale Terminal-Anästhesien der Gefahr postoperativer Bissverletzungen bei der Behandlung vorgebeugt werden. Auf die Anwendung von intraligamentalen Injektionen bei Kindern gehen u. a. Davidson und Craig (1987) ein und heben die Notwendigkeit des korrekten Erlernens der richtigen Technik der ILA hervor, um reproduzierbare Ergebnisse sicherzustellen.

Der intraligamentären Anästhesie kommt eine berechnigte Indikation bei Präparationen von Zahnhartsubstanzen auch bei Kindern zu (Davidson und Craig 1987, Einwag 1985, Malamed 1982). Dies gilt ebenso für die Entfernung von Milchzähnen und Wurzelresten sowie die konservierende Behandlung von Kindern

mit einer „Spritzenphobie“ (Einwag 1982, Erlemeier 1991). Übereinstimmend wird die infolge fehlender Analgesie benachbarter Weichteile minimierte Gefahr schmerzhafter postoperativer Bissverletzungen hervorgehoben.

Die in einer tierexperimentellen Studie (Brännström et al. 1982) provozierten Schmelzhypoplasien durch intraligamentale Injektionen an Milchzähnen mit frühen Keimen permanenter Zähne konnten durch Beobachtungen am Menschen bisher nicht bestätigt werden (Glockmann und Taubenheim 2002). Abweichend vom klinisch empfohlenen Vorgehen wurde mit einer Pistolenspritze ohne Druckbegrenzung (Peripress) sehr schnell (selten länger als 10 s) injiziert, was eine Ursache der festgestellten Effekte gewesen sein kann. Die empfohlene Vorsicht bei intraligamentalen Injektionen an Milchzähnen in der Nähe nicht mineralisierter Anlagen bleibender Zähne ist, wie bereits erwähnt, auf jeden Fall in Betracht zu ziehen.

2.5.2 Angezeigte Indikationen

Die intraligamentale Terminal-Anästhesie wird sowohl als primäre oder Basisvariante der zahnärztlichen Lokalanästhesie (Castagnola et al. 1980, Glockmann 1997, Glockmann et al. 1998, Heizmann und Gabka 1994, Walton und Abbott 1981) als auch zur sekundären Anwendung bei Versagern herkömmlicher Anästhesiemethoden empfohlen (Cowan 1986, Giovannitti und Nique 1983, Plagmann und Jagenow 1984, Smith, Walton und Abbott 1983).

Die Schmerzausschaltung vor Kavitäten- und Kronenpräparation an einzelnen Zähnen ist heute als wichtige Anwendung für die ILA zu nennen. Sie bietet neben der Analgesie bei Präparationen in Gingivanähe den Vorteil, dass bei Verwendung eines Anästhetikums mit gefäßkonstriktorischem Zusatz die schon unmittelbar nach der Injektion sichtbar werdende Ischämie des marginalen Parodontiums störende Blutungen während der Präparation, Abformung oder Füllungsapplikation minimiert (Abb. 9a und 9b).



Abbildung 9a: Parodontium vor Applikation des Anästhetikums



Abbildung 9b: Typische Ischämie bereits während der Applikation

Endodontische Behandlungen erfordern eine zuverlässige Schmerzausschaltung. Die Ergebnisse der konventionellen Anästhesiemethoden befriedigen bei endodontischen Behandlungen am wenigsten (Walton und Torabinejad 1992, Weber et al. 2006, Glockmann et al. 2007). Eine ausreichende Anästhesietiefe wird oft durch entzündliche Prozesse im Bereich des Apex verhindert, die das Anfluten des Anästhetikums in ausreichender Menge unmöglich machen. Bei akuten apikalen Infektionen bietet die intraligamentäre Anästhesie in diesen Fällen einen Zugang, der oft von der Entzündung nicht unmittelbar betroffen ist und gegebenenfalls auch über Seitenkanäle oder Ramifikationen des Wurzelkanals einen direkten Weg zu den pulpalen Nervenfasern gestattet (Glockmann und Taubenheim 2002).

Die Differenzialdiagnose unklarer pulpitischer Beschwerden ist zuverlässig nur durch intraligamentale Injektionen zu erreichen. Mit der intraligamentären Anästhesie ist es möglich, den schuldigen Zahn gegenüber gesunden Nachbarzähnen zu ermitteln, wenn die klassische Befunderhebung keine eindeutige Diagnostik zulässt (Dirnbacher et al. 2002, Littner et al. 1983, Simon et al. 1982, Zugal et al. 2005).

Extraktionen einzelner Zähne sind der häufigste chirurgische Eingriff in der zahnärztlichen Praxis. Sie stellt die erste ausführlich dokumentierte Indikation für die intraligamentäre Anästhesie dar (Bourdin 1925). Heizmann (1987) zeigt, dass die ILA

mit gleichem Anästhesieerfolg sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer bei Front- und Seitenzähnen angewandt werden kann.

Die Komplettierung partieller Anästhesieversager bei Leitungsanästhesien durch intraligamentale Injektionen wird immer dann empfohlen, wenn andere Möglichkeiten der Schmerzausschaltung keinen Erfolg versprechen. Smith et al. (1983) erreichten bei Patienten, bei denen mit der ersten Injektion für endodontische Behandlungen keine ausreichende Anästhesie erzielt worden war, in 83 % der Fälle, in denen intraligamental nachanästhesiert wurde, einen ausreichenden Anästhesieerfolg.

Lokalisierte Parodontal-Eingriffe nach intraligamentärer Anästhesie werden immer häufiger durchgeführt, z. B. wenn nach Abschluss der Behandlung der Patient sofort wieder uneingeschränkt dispositionsfähig sein muss. Nach derzeitigem Stand ist die ILA lediglich für eng lokalisierte Eingriffe, wie Exzisionen kleinen Umfangs, indiziert (Brandau 1994).

2.6 Komplikationen

2.6.1 Histologische Effekte

Im Rahmen ihrer histologischen Studien kommen sowohl Walton and Garnick (1982) als auch Fuhs et al. (1983) und Galili et al. (1984) zu dem Ergebnis, dass intraligamentale Injektionen keinen histologischen Befund von Gewebe-Zerstörungen und keinen Beweis von irgendwelchen Gewebeschäden gleich auf welcher Ebene zeigten. Sie kommen zu dem Schluss, dass die intraligamentäre Zahnanästhesie sicher ist – mit minimalen, kurzzeitigen und reversiblen Entzündungen – und diese die Zahnheilkunde um eine zuverlässige Lokalanästhesie-Methode erweitert.

Die Auswirkungen der intraligamentalen Injektion auf das Pulpagewebe wurden von Lin et al. (1985) untersucht. Es wurden keine pathologischen Veränderungen wie hydropische Degeneration, ischämische Nekrosen oder Entzündungen in den Pulpen der untersuchten Zähne beobachtet.

2.6.2 Wundheilungsstörungen

Mit Blick auf Wundheilungsstörungen (Dolor post extractionem bzw. trockene Alveole) vergleichen Heizmann und Gabka (1994) die ILA mit der Leitungs- und Infiltrationsanästhesie. Die Ergebnisse der Studie zeigen keinen signifikanten Unterschied. Tsirlis et al. (1992) analysieren den "Dry socket" und die Häufigkeit dieser Erscheinung nach intraligamentärer Anästhesie im Vergleich mit der Leitungsanästhesie. Sie stellten fest, dass der Effekt der trockenen Alveole bei den dokumentierten 305 Fällen insgesamt elfmal eintrat und es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Methoden gab. Wahrscheinlich werden die Infektionen nicht durch die Injektion ausgelöst sondern speziell durch die apikale Ostitis bei zerstörten Zähnen.

2.6.3 Bakteriämien

Zahlreiche zahnmedizinische Maßnahmen können eine Bakteriämie auslösen (van Husen et al. 1997). Von Interesse ist die Sepsis, die möglicherweise durch die Forcierung von Bakterien in das Gewebe und in die Blutbahn (Bakteriämie) durch die Injektionsnadel resultieren kann. Walton und Abbott (1981) präzisieren, dass dies bei intraligamentalen Injektionen vermutlich der Fall ist, aber wahrscheinlich in keinem größeren Umfang als bei anderen zahnmedizinischen Verfahren. Die intraligamentale Injektion kann mit subgingivalem Scaling (Scaling und Root Planing) verglichen werden, was in einem kleinen Prozentsatz der Fälle zu Bakteriämien führt. Diese Bakteriämien waren vorübergehend (Walton und Abbott 1981).

Heizmann und Gabka (1994) haben während einer mehr als 10jährigen breiten Anwendung der intraligamentären Anästhesie in Klinik und Praxis keine Bakteriämie beobachtet. Auch Zugal (2001) schreibt, dass die in der Literatur vereinzelt beschriebene Möglichkeit einer Bakteriämie während der mittlerweile mehr als fünfjährigen breiten Anwendung (der intraligamentären Anästhesie) nicht beobachtet wurde.

Allein durch die antiseptische Behandlung des Sulkus, also des Ortes der Injektion, lässt sich die Bakteriämierate von 61% auf 30% reduzieren (Rahn et al. 1988, Glockmann und Taubenheim 2002).

2.6.4 Ungewünschte Effekte

Ungewünschte Effekte und Nebenwirkungen (Elongationsgefühl, Druckschmerz) – nach dem Abklingen der intraligamentären Anästhesie – werden in diversen Publikationen beschrieben (Faulkner 1983, Kaufman et al. 1983, Malamed 1982, Plagmann 1987, Glockmann et al. 1998).

Bei Vorkontakten, Diskomfort und Elongationsgefühl liegt die Ursache oft darin, dass die Injektion der Anästhesie-Lösung nicht unter ausreichender Berücksichtigung der

individuellen anatomischen Verhältnisse des Patienten oder mit unzureichendem Instrumentarium erfolgte.

Huber und Wilhelm- Höft (1988) haben in einer Studie gezeigt, dass Zähne in ihrer Alveole bewegt werden können: Während der intraligamentalen Injektion wird ein Flüssigkeitsvolumen in einen Raum gepumpt, der bereits vollständig ausgefüllt ist. Da Flüssigkeiten inkompressibel sind, kommen primär nur eine Dehnung des Alveolarfaches oder eine Verlagerung des parodontalen Flüssigkeitspolsters nach Art eines hydraulischen Druckausgleiches in Betracht. Dadurch ist es möglich, dass der Zahn aus der Alveole herausgehoben wird, was von den Zahn umgebenden Nervenendigungen registriert wird.

Um ungewünschte Effekte zu vermeiden, ist das Anästhetikum sehr langsam zu injizieren, um dem Gewebe Gelegenheit zu geben, die applizierte Lösung zu resorbieren (Tobien und Schulz 2000, Glockmann und Taubenheim 2002, Zugal et al. 2005).

3 Fragestellung und Ziel der Vergleichsstudie

Der medizintechnische Fortschritt der letzten 20 Jahre hat auch bei den für die Lokalanästhesie zur Verfügung stehenden Spritzensystemen und die Ergebnisse der in dieser Zeit durchgeführten zahnmedizinischen Studien haben dazu geführt, dass die intraligamentäre Anästhesie als eine der primären Methoden der zahnärztlichen Lokalanästhesie zu bewerten ist. Diese Behauptung ist unter den Bedingungen der zahnärztlichen Praxis aktuell zu überprüfen, unter besonderer Betrachtung der angewandten Injektionssysteme und der damit generierten Effekte beim Patienten.

3.1 Studienfragestellung und Hypothesen

Im Rahmen dieser Untersuchungen soll die Frage beantwortet werden, ob bei Maßnahmen der Zahnerhaltung Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung, Dosierhebel- sowie Dosierad-Spritzen bei adäquater Anwendung die Wirksamkeit der intraligamentären Anästhesie (ILA) in gleicher Weise gewährleisten. Gleichzeitig ist zu prüfen, inwieweit ungewünschte Nebenwirkungen bei Anwendung der unterschiedlichen Anästhesieapparate auftreten.

Weiterhin soll im Rahmen dieser prospektiven Studie geklärt werden, ob die intraligamentäre Anästhesie bei therapeutischen Maßnahmen zur Zahnerhaltung als primäre Methode der Lokalanästhesie für alle Zähne anwendbar ist und zwar sowohl im Oberkiefer und im Unterkiefer-Frontzahnbereich, wo üblicherweise die Infiltrationsanästhesie angewandt wird, als auch im Unterkiefer-Seitenzahnbereich, wo die Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior zur Anwendung kommt.

Durch Befragung sind Hinweise auf die Akzeptanz der Methode der ILA durch die Patienten zu gewinnen.

Es wird die zu prüfende Hypothese aufgestellt, dass keine Unterschiede bei Anwendung der verschiedenen Injektionsapparate für die ILA bestehen. Speziell werden die drei zu vergleichenden Spritzensysteme hinsichtlich der Wirkung, d. h.

das Erreichen einer für die anstehende Behandlung ausreichenden Analgesie, des Vorkommens ungewünschter Nebenwirkungen, d. h. der Vermeidung iatrogenen Effekte, und der Akzeptanz durch die Patienten betrachtet.

3.2 Studienziel

Es soll der Beweis erbracht werden, dass die intraligamentäre Anästhesie (ILA) bei Maßnahmen der Zahnerhaltung zu keinerlei methodenbedingten Beeinträchtigungen nach Abschluss der Behandlung führt, vorausgesetzt die Injektionen werden mit den angewandten Injektionssystemen – Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung sowie Dosierhebel- und Dosierad-Spritzen – den anatomischen Gegebenheiten des Patienten entsprechend durchgeführt.

4 Material und Methode

Zur Sicherung der aufgestellten Hypothese ist ein evidenzbasierter Systemvergleich zwischen

- ILA-Spritzen vom Pistolentyp mit Druckbegrenzung
- Dosierhebelspritzen
- Dosierradspritzen

unter den in der Praxis üblichen Bedingungen angezeigt.

4.1 Systemvergleich und Studienumfang

Für die definierte Vergleichsstudie der drei beschriebenen Spritzensysteme sollen ausschließlich die Daten von Patienten ohne Allgemeinerkrankungen für geplante **zahnerhaltende Maßnahmen** dokumentiert werden.

Pro Injektionssystem werden jeweils mindestens 100 Fälle dokumentiert und ausgewertet. Für die Studie erfolgt die Dokumentation der Fälle erst, nachdem eine ausreichende Gewöhnung an das Spritzensystem erfolgt ist (mindestens 15 Anästhesien). Erst danach werden die Daten für die Studie berücksichtigt.

Besonderes Augenmerk soll dem für zahnerhaltende Maßnahmen wichtigen Aspekt der erforderlichen **Anästhesietiefe**, der **Anästhesiedauer** und der problemlosen Möglichkeit der möglicherweise erforderlichen **Nachanästhesie** bei Abklingen der Anästhesie gewidmet werden.

Maßnahmen der Schmerzausschaltung für andere Indikationen (z. B. Extraktionen) sollen nicht in die Vergleichsstudie eingehen.

Nach Abschluss der Behandlung soll das Befinden des Patienten erfragt sowie der pathologische Zustand festgestellt und dokumentiert werden.

Es soll geklärt werden, ob die ILA unter den beschriebenen Bedingungen die Voraussetzungen für eine schmerzfreie Therapie der zu behandelnden Zähne erfüllt, zusätzlich jedoch für den Patienten Vorteile beinhaltet und es zu keiner Einschränkung der Dispositionsfähigkeit des Patienten (hier: Soldaten) durch die intraligamentale Injektion kommt.

Zu klären ist weiterhin, ob die in der Literatur beschriebenen ungewünschten Effekte der intraligamentären Anästhesie

- Druckschmerz, Elongationsgefühl, Vorkontakte nach Abklingen der Anästhesie und
- reversible Gewebsveränderungen – fallweise als „Nekrosen“ bezeichnet

methodenimmanent oder im Zusammenhang mit den angewandten Spritzensystemen zu sehen und damit iatrogen sind.

4.2 Patientengut

In die Vergleichsstudie werden nur erwachsene, gesunde Patienten aufgenommen; Kinder und Risikopatienten gehören nicht zur definierten Patientengruppe.

Bei den Patienten muss eine zahnerhaltende Maßnahme zur Behandlung anstehen, d. h. die Wiederherstellung des geschädigten Zahnes. Angezeigte chirurgische Maßnahmen, z. B. Extraktionen, sind ein Ausschlusskriterium. Ein wesentliches Kriterium für die Aufnahme in die Studie ist ein als nicht behandlungsbedürftig beurteilter Parodontalstatus des Patienten.

4.3 Angewandte Materialien

Für die intraligamentalen Injektionen kommen handelsübliche Spritzensysteme zur Anwendung. Die verwendeten Kanülen sind vom Durchmesser, der Länge und dem Anschliff her für diese Injektionen geeignet.

Verglichen werden Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung (120 N) vom Typ *Ultraject* (Sanofi-Aventis) mit Dosierhebel-Spritzen vom Typ *Citoject* (Heraeus-Kulzer) und Dosierrad-Spritzen vom Typ *Softject* (Henke-Sass Wolf).

Sowohl bei den Pistolenspritzen als auch bei den Dosierhebel-Spritzen erfolgt die Kraftverstärkung mechanisch durch ein integriertes Hebelsystem; bei den Dosierrad-Spritzen erfolgt die Kraftverstärkung und -übertragung ohne zwischengelagerte Hebel direkt vom Daumen (oder Zeigefinger) des Behandlers über ein Dosierrad auf die Injektionszahnstange und den Lochstopfen der Anästhetikum-Glaszylinderampulle innerhalb des Spritzensystems. Die Kraftverstärkung erfolgt durch ein starres Zahnradsystem, das die applizierte Kraft im Verhältnis 5,5 : 1 übersetzt (erhöht).

In Kombination mit den ILA-Spritzensystemen kommen sterile Einmalkanülen mit einem Außendurchmesser von 0,3 mm, 12 mm Länge und extrakurzem Anschliff zur Anwendung.

Zur Erreichung der Lokalanästhesie wird das seit mehr als 25 Jahren bewährte Anästhetikum 4%ige Articainhydrochlorid-Lösung mit 1:200 000 Adrenalinzusatz (z. B. *Ultracain D-S*) appliziert.

Die Menge injizierten Anästhetikums beträgt bei der ILA mindestens 0,2 ml pro Wurzel des zu anästhesierenden Zahnes, d. h. etwa 0,6 ml bei einem 3-wurzeligen Zahn.

Patientenbezogen sind zu erfassen:

- die Patientendaten (ID-Nummer, Geschlecht, Alter)
- zu behandelnde Zähne und Tag der Behandlung
- vorgesehene Behandlung und die Frage, ob eine Lokalanästhesie gewünscht wird und ob die ILA ggf. als Methode akzeptiert wird (Patientenaufklärung)
- das angewandte Spritzensystem
- der primäre Anästhesieerfolg, erforderlichenfalls bei Nachinjektion:
- die applizierte Injektionsmenge

- der Anästhesieerfolg der eventuellen Nachinjektion
- die Ergebnisse der Patientenbefragung: Injektionsschmerz, Anästhesiedauer
- die Einschränkung der Dispositionsfähigkeit
- unerwünschte Nebeneffekte, genannte/festgestellte Beeinträchtigungen.

Die intraligamentalen Injektionen erfolgen nach dem veröffentlichten Stand der Wissenschaft (Glockmann und Taubenheim 2002).

Die Datenerfassung erfolgt auf dem nachstehenden Erfassungsbogen.

Erfassungsbogen intraligamentäre Anästhesie

Behandler	Maria Csides			Tag der Behandlung		
Patient	ID-Nr.:	Geschlecht		Alter	Risikopatient	
		männl.	weibl.	..... Jahre	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Zu behandelnde Zähne	Datum	1 2		Datum		
	Datum	4 3		Datum		
Vorgesehene Behandlung	Zahn erhaltende Maßnahme		sonstige	Lokal-anästhesie		
	Kons <input type="checkbox"/>	Endo <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ja		
Angewandtes ILA-Spritzen-System	Pistolen-Spritze Ultraject 120 N <input type="checkbox"/>		Dosierhebel-Spritze Citoject <input type="checkbox"/>		Dosierrad-Spritze SoftJect <input type="checkbox"/>	
Angewandtes Material	systemadaptierte Injektionskanüle 0,3 / 12 mm. extrakurzer Anschliff			4 %ige Articainhydrochlorid-Lösung mit 1 : 200.000 Adrenalinzusatz		
Injektion initial	Anästhesieeintritt / Überprüfung				Entscheidung über Anästhesie: Behandlungsbeginn möglich	
Methode ILA <input type="checkbox"/>	Sondierung		Kälte-Wärme-Test			
Menge ml	Anästhesie ausreichend		Anästhesie ausreichend		Ja Nein jetzt später	
	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Nachinjektion erforderlich	Anästhesieeintritt / Überprüfung				Entscheidung über Nachinjektion:	
Methode <input type="checkbox"/> Infiltrationsan. <input type="checkbox"/> Leitungsanäst. <input type="checkbox"/> ILA	nach weiteren 3 Minuten ausreichend		nach 5 Min.	nach 10 Min.	ausreichend nicht ausreichend	
Menge ml	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Injektionsmenge gesamt	Initial	Nachinjektion	2. Nachinjektion	Gesamtmenge		
	..... ml	..... ml	..... ml	..... ml		
Injektionsschmerz	Primärinjektion			Nachinjektion		
	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	
Einschränkung der Dispositionsfähigkeit	keine	< 1 Std.	1 - 2 Std.	2 - 3 Std.	> 3 Std.	.....
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nebeneffekte Genannte / festgest. Beeinträchtigungen	Druck-schmerz	H / K- Belastung	Taubheit Zunge, K, Wange	Artiku-lation behindert	Allgem. Beein-trächtigt.	.....
	Zahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

☐ Patientenaufklärung über Anästhesiemethode(n) ist erfolgt.

4.4 Signifikanztests

Ziel der Vergleichsuntersuchung ist eine klinisch relevante Aussage für alle behandelnden Zahnärzte/Zahnärztinnen, wie die intraligamentäre Anästhesie mit Blick auf den Patienten zu bewerten ist. Durch Signifikanzberechnungen sollen die dokumentierten Ergebnisse relativiert werden.

Bei der Signifikanzberechnung wurden der Kruskal-Wallis-Test, der Mann-Whitney-Test und der Chi-Quadrat-Test verwendet. Mit Hilfe dieser Signifikanz-Tests sind folgende Aspekte zu berechnen:

- die Quote der Anästhesieversager bei den 3 verglichenen Spritzensystemen,
- die Einschränkung der Dispositionsfähigkeit der behandelten Patienten nach Abschluss der Behandlung,
- die erforderliche Menge Anästhetikum zur Erreichung der Schmerzfreiheit,
- die Häufigkeit ungewünschter Effekte, z. B. Drucknekrosen, Elongationsgefühl.

Die vorliegende Studie erfolgte unabhängig ohne Sponsoring durch die Hersteller der Injektionsapparate.

5 Ergebnisse

Insgesamt wurden 321 zahnerhaltende Behandlungen (Zähne), die unter intraligamentärer Lokalanästhesie durchgeführt wurden, dokumentiert und ausgewertet:

100 mit ILA-Spritzen vom Pistolentyp mit Druckbegrenzung (Ultraject)

102 mit Dosierhebelspritzen (Citoject)

119 mit Dosierradspritzen (SoftJect).

Die anästhesierten und behandelten Zähne sind in Tabelle 1 dokumentiert.

Die dokumentierten Daten sind in den Tabellen 2 - Teil 1 „Vergleich von Injektionssystemen“ und 2 - Teil 2 „Unter ILA behandelte Zähne“ zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über die mittels ILA anästhesierten Zähne unter Beachtung der benutzten Injektionsapparate. 72,4 % der intraligamentär anästhesierten Zähne befanden sich im Unterkiefer.

Unter intraligamentärer Anästhesie behandelte Zähne																	
Instrumentarium Citoject	1 8	1 7	1 6	1 5	1 4	1 3	1 2	1 1	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	36
	3	8	2	4	2	1		1	1	2		3	1	4	3	1	
	4 8	4 7	4 6	4 5	4 4	4 3	4 2	4 1	3 1	3 2	3 3	3 4	3 5	3 6	3 7	3 8	66
2	11	6	3	3	4	1	1	1	2	1	4	2	10	13	2		
Anästhesierte Zähne																	102
Davon Komplettierung von 2 Leitungsanästhesie-Versagern																	3 Zä
SoftJect 53 1	1 8	1 7	1 6	1 5	1 4	1 3	1 2	1 1	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	23
			6	3		2		1				4	1	4	1		
	4 8	4 7	4 6	4 5	4 4	4 3	4 2	4 1	3 1	3 2	3 3	3 4	3 5	3 6	3 7	3 8	96
1	9	17	11	5	2	1	1	3			5	15	17	8	1		
Anästhesierte Zähne																	119
Ultraject	1 8	1 7	1 6	1 5	1 4	1 3	1 2	1 1	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	29
		6	4	1	3	2	2	1		1		2	2	3	2		
	4 8	4 7	4 6	4 5	4 4	4 3	4 2	4 1	3 1	3 2	3 3	3 4	3 5	3 6	3 7	3 8	71
2	9	10	3	3	3	3	2			1	5	5	10	13	2		
Anästhesierte Zähne																	100
gesamt																	321
OK																	88
UK																	233

Insgesamt wurden 321 Zähne intraligamentär anästhesiert und behandelt.

Weitgehend alle unter Lokalanästhesie zu behandelnden Zähne konnten vollständig durch intraligamentale Injektionen anästhesiert werden. Bei einem Zahn konnte auch durch eine zusätzliche Leitungsanästhesie keine Behandlungsfähigkeit erreicht werden.

Unter konventionellen Bedingungen wären

114 Zähne durch Infiltrations- bzw. Terminalanästhesie und

207 Zähne durch Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior

anästhesiert worden.

Tabelle 2: Zusammenfassung der pro Patient dokumentierten Daten für die drei verglichenen Spritzensysteme. Die große Häufigkeit männlicher Patienten ergibt sich durch den Behandlungsstandort Bundeswehr.

Tabelle 2 - Teil 1		Vergleich von Injektionssystemen							
Instrumentarium	Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject			Dosierhebel-Spritze Citoject			Dosierad-Spritze SoftJect		
Kanülen	ILA - Kanüle Ø 0,3 mm / 12 mm			ILA - Kanüle Ø 0,3 mm / 12 mm			ILA - Kanüle Ø 0,3 mm / 12 mm		
Anästhetikum	handelsübliche Zylinderampullen 4 %ige Articain-hydrochlorid-Lösung mit 1 : 200.000 Adrenalinzusatz			handelsübliche Zylinderampullen 4 %ige Articain-hydrochlorid-Lösung mit 1 : 200.000 Adrenalinzusatz			handelsübliche Zylinderampullen 4 %ige Articain-hydrochlorid-Lösung mit 1 : 200.000 Adrenalinzusatz		
	Fälle		%	Fälle		%	Fälle		%
Gesamtzahl Zähne	100		= 100 %	102		= 100 %	119		= 100 %
Geschlecht - Alter	M 91	W 9	Jahre 27,4	M 85	W 16	Jahre 28,2	M 88	W 12	Jahre 27,3
Indikationen									
Zahnerhaltende Maßn.	97		97 %	100		98,0 %	111		92,6 %
Endodont. Behandlung	3		3 %	0		%	5		4,2 %
Sonstige	0		%	2		2,0 %	3		2,5 %
Angaben zur Behandlung									
Injektionsschmerzen primär									
ja	13		13 %	14		13,7 %	16		13,4 %
nein	87		87 %	87		85,3 %	103		86,6 %
Injektionsschmerzen Nachinjektion ILA									
ja	1		5,9 %	1		5,0 %	2		10,5 %
nein	16		94,1 %	19		95,0 %	17		89,5 %
Injektionsmenge initial									
< 0,2 ml	4		4 %	3		3 %	7		5,8 %
0,2 bis 0,6 ml	69		69 %	56		55,4 %	90		75,0 %
> 0,6 ml	27		27 %	43		41,6 %	22		19,2 %
Ø initiale Injektionsm.	0,56 ml			0,66 ml - inkl. 2 LA			0,50 ml		
Anästhesie umfassend initial									
für zahnerhalt. Maßnahmen	ja	82	85,4 %	79	84,0 %	90	81,1 %		
	nein	14	14,6 %	15	16,0 %	21	18,9 %		
für endodont. Behandlungen	ja	1	25 %	3	37,5 %	3	60,0 %		
	nein	3	75 %	5	62,5 %	2	40,0 %		
Sonstige	ja	0	%	0	%	3	100 %		
	nein	0	%	0	%	0	0 %		

Tabelle 2 - Teil 2		Unter ILA behandelte Zähne					
		Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject		Dosierhebel-Spritze Citoject		Dosierrad-Spritze SoftJect	
		Fälle	%	Fälle	%	Fälle	%
Restschmerz akzeptiert		0	0 %	0	0 %	0	0 %
Nachinjektion erforderlich JA		17	17 %	20	19,8 %	22	18,2 %
Methode	ILA	17	100 %	20	100 %	20	90,9 %
	Leitung	0		0		2	9,1 %
	Infiltration	0		0		0	
Anästhetikum injizierte Menge		Primärinj.	0,56 ml	Primärinj.	0,63 ml	Primärinj.	0,5 ml
		Nachinj.	0,22 ml	Nachinj.	0,37 ml	Nachinj.	0,54 ml
		durchschn. Ø 0,64 ml		durchschn. Ø 0,70 ml		durchschn. Ø 0,59 ml	
Dauer der Anästhesie							
< 30 Minuten		15	15 %	15	14,8 %	14	13,6 %
0,5 – 1 Stunden		80	80 %	39	38,6 %	60	58,3 %
1 – 2 Stunden		5	5 %	44	43,6 %	23	22,3 %
> 2 Stunden		0	%	3	3,0 %	5	4,9 %
Anästhesieversager		0	%	0	%	1	0,9 %
				Komplettierung der LA		103 Sitzungen	
Ø Anästhesiedauer		0,75 Stunden		1,07 Stunden		0,92 Stunden	
Ungewünschte Effekte							
Einschränkung der Dispositionsfähigkeit		0	%	2 = init. LA	2 %	2 = init. LA	2 %
Druckschmerz, Elongation, Vorkontakt		29	29 %	22	21,8 %	13	12,9 %
Gewebsveränderungen Drucknekrosen		2	2 %	0	%	2	2 %
Taubheit d. Lippe/Zunge		0	%	4	3,9 %	6	5,9 %
Dispositionsfähigkeit eingeschränkt (Artikulation / Mastikation / Unempfindlichkeit)							
nein		100	100 %	99	98 %	99	98,0 %
ja			%	2	2 %	2	2,0 %
Dauer:	< 3 Stunden		%	2	100 %		%
	> 3 Stunden		%		%	2	100 %

Die Wirksamkeit der Lokalanästhesie wurde entsprechend dem nachfolgenden Schema überprüft.

Tabelle 3: Skala der Feststellung der Sensibilität und der Schmerzempfindung nach intraligamentaler Injektion.

	Ohne Schmerzempfindung	Minimale Schmerzempfindung	Ausgeprägte Schmerzempfindung	Nach ILA-Nachinjekt.: Schmerzempfindung vorhanden	Schmerzempfindung vorhanden
Test 1 Behandler	Sondierung	Aussage des Patienten	Aussage des Patienten Sondierung	Sondierung	Sondierung
Test 2 Behandler	Kälte-Wärme-Test	Erträglich für vorgesehene Behandlung	Kälte-Wärme-Test	Kälte-Wärme-Test	Kälte-Wärme-Test
Maßnahme	Keine Reaktion des Patienten Aussage: Negativ	Indizierte Behandlung	Nachinjektion intraligamental erforderlich	Behandlung ist durchführbar	Nachinjektion Leitung oder Infiltration
Ergebnis	Vollständige Desensibilisierung	Erforderlichenfalls: Intraligamentale Nachinjektion	Erfolgreiche Nachinjektion	Nachanästhesie erfolgreich	Behandlung nicht zumutbar – Behandlung abbrechen

5.1 Injektionssystem-Vergleich

Die dokumentierten Ergebnisse der durchgeführten intraligamentären Anästhesien vor angezeigten Behandlungen zur Zahnerhaltung zeigen, dass sich die drei verglichenen Spritzensysteme Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung, Dosierhebelspritzen und Dosierradspritzen in den definierten Fragestellungen teilweise signifikant unterscheiden.

5.1.1 Anästhesieerfolg

Von den insgesamt dokumentierten 321 zu behandelnden Zähnen befanden sich 72,6 % (233 Zähne) im Unterkiefer und davon 207 Zähne im Seitenzahnbereich. Konventionell wäre eine Schmerzausschaltung vor der indizierten Behandlung bei diesen Zähnen nur durch eine Leitungsanästhesie möglich gewesen.

Der initiale Anästhesieerfolg war bei der

- | | | |
|---------------------------------------|--------|---------------------|
| • Pistolenspritze mit Druckbegrenzung | 83,0 % | (83 von 100 Fällen) |
| • Dosierhebelspritze Citoject | 79,4 % | (81 von 102 Fällen) |
| • Dosierradspritze SoftJect | 80,7 % | (96 von 119 Fällen) |

Die Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.

Die Komplettierung zur Erreichung der erforderlichen Schmerzausschaltung erfolgte in allen Fällen durch intraligamentale Nachinjektionen, um die notwendige Anästhetikamenge so gering wie möglich zu halten.

In einem Falle musste zusätzlich zu den intraligamentalen Nachinjektionen eine Leitungsanästhesie gesetzt werden. Dieses Phänomen wurde auch von ZUGAL (2002) beschrieben. Die Ursache liegt wahrscheinlich in den anatomisch-morphologischen Gegebenheiten des Patienten.

Die durch intraligamentale Injektionen (initiale und komplettierte) insgesamt erreichte Anästhesiequote lag bei 99,7 %. Der Unterschied zwischen den drei Spritzensystemen ist statistisch nicht signifikant (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Mittels intraligamentaler Injektionen ist es möglich, in nahezu allen angezeigten Fällen eine für die Behandlung ausreichende Analgesie zu erreichen.

Spritzensystem	Initialer Anästhesieerfolg	Erforderliche Komplettierung bei	Anästhesieerfolg nach ILA-Komplettierung
Pistolenspritze mit Druckbegrenzung <i>Ultraject</i>	83 Fälle 83 %	17 Fällen 17 %	Bei 100 Fällen 100 %
Dosierhebelspritze <i>Citoject</i>	82 Fälle 79,4 %	20 Fällen 20,6 %	Bei 102 Fällen 100 %
Dosieradspritze <i>SoftJect</i>	96 Fälle 80,7 %	23 Fällen 19,3 %	Bei 119 Fällen 99,1 %
Gemittelte Werte	81,0 %	19,0 %	99,7 %

Durch intraligamentale Injektionen war es möglich, auch bei Zähnen, bei denen üblicherweise nur durch eine Leitungsanästhesie eine für die Behandlung ausreichende Analgesie erreicht werden kann, eine tiefe Anästhesie zu erreichen.

Die dokumentierten Ergebnisse im Rahmen dieser Studie zeigen 207 Fälle (64,5 %), bei denen üblicherweise eine Leitungsanästhesie durchgeführt worden wäre, um eine schmerzfreie Behandlung durchzuführen (s. Tabelle 1). Die intraligamentäre Anästhesie eröffnet die Möglichkeit, für zahnerhaltende Maßnahmen eine ausreichende Schmerzfreiheit zu erreichen, wo bisher die Leitungsanästhesie als primäre Methode der Schmerzausschaltung angewandt wurde.

5.1.2 Erforderliche Anästhetikamenge

Die für die Erreichung einer ausreichenden Schmerzausschaltung vor der indizierten Behandlung ermittelten Werte der initialen Injektionen und die ggf. erforderlichen Anästhetikamengen zur Komplettierung der Lokalanästhesie wurden kumuliert (s. Tabelle 5).

Mit 0,67 ml war die erforderliche durchschnittliche Menge Anästhetikum, die für die zu erreichenden intraligamentären Anästhesien notwendig war, signifikant geringer als die üblicherweise für die Leitungsanästhesie und die Infiltrationsanästhesie erforderlichen Anästhetikamengen, die von Dirnbacher (2002) mit 1,84 bzw. 1,67 ml und von Weber (2005) mit 1,9 bzw. 1,57 ml angegeben werden.

Nach Auswertung der statistischen Daten ist ein signifikanter Unterschied der mittleren Menge der Gesamtinjektion in ml zwischen Citoject und Ultraject erkennbar (p -Wert < 0.007). Die mittlere Menge in ml ist bei Citoject statistisch signifikant höher als bei Ultraject. Zwischen Softject und Ultraject (p -Wert 0.186) und Softject und Citoject (p -Wert 0.214) lassen sich keine Unterschiede nachweisen.

Die Unterschiede lassen sich dadurch erklären, dass jeweils eine zwischen den Systemen schwankende Anzahl ein-, zwei- und mehrwurzeliger Zähne behandelt wurde. Da die applizierte Menge an Anästhetikum abhängig von der Anzahl der Wurzeln ist (siehe Kapitel 2.3.4), ergibt sich daraus eine vergleichsweise höhere Menge Anästhetikum bei einem beispielsweise dreiwurzeligen zu einem zweiwurzeligen Zahn.

Tabelle 5: Erforderliche Anästhetikamenge zur Erreichung einer ausreichenden Lokalanästhesie.

Injektionsmenge		Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject		Dosierhebel-Spritze Citoject		Dosierrad-Spritze SoftJect	
initial		Fälle	100	Fälle	102	Fälle	119
< 0,2 ml		4	4 %	3	3 %	7	5,8 %
0,2 bis 0,6 ml		69	69 %	56	55,4 %	90	75,0 %
> 0,6 ml		27	27 %	43	41,6 %	22	19,2 %
Ø initiale Injektionsm.		0,56 ml		0,64 ml - inkl. 2 LA		0,57 ml	
Nachinjektion erforderlich JA		17	17 %	20	19,8 %	22	18,2 %
Methode	ILA	17	100 %	20	100 %	20	90,9 %
	Leitung	0		0		2	9,1 %
	Infiltration	0		0		0	
Anästhetikum injizierte Menge			< 0,2 ml	1	< 0,2 ml		< 0,2 ml
		16	0,2 – 0,4	12	0,2 – 0,4	10	0,2 – 0,4
		1	0,4 – 0,6	6	0,4 – 0,6	9	0,4 – 0,6
			> 0,6 ml	1	> 0,6 ml	3	> 0,6 ml
Durchschnittlich injizierte Menge		Ø 0,60 ml		Ø 0,73 ml		Ø 0,68 ml	

5.1.3 Dauer der Anästhesie

Die Anästhesiedauer betrug durchschnittlich bei der

- Pistolenspritze mit Druckbegrenzung 46,1 Minuten (=0,77 h)
- Dosierhebelspritze Citoject 59,0 Minuten (=0,98 h)
- Dosierradspritze SoftJect 63,1 Minuten (=1,05 h)

Geprüft wurde die Anästhesiedauer durch den Patienten selbst, der gezielt darauf hingewiesen wurde, das Nachlassen der „Taubheit bis zum vollständigen Abklingen der Anästhesie, d.h. dem Wiedererlangen der vollen Empfindung“, zu prüfen und sich idealerweise dafür Notizen zu machen. Die Patienten übermittelten anschließend die Daten. Dies erfolgte in den meisten Fällen telefonisch, manchmal auch beim nächsten Behandlungstermin mündlich oder auf Notizzetteln.

Durch die Wirkung der Lokalanästhesie wird das Empfindungsvermögen im anästhesierten Bereich während der Dauer der Anästhesie eingeschränkt. Die Anästhesiedauer der drei verglichenen Spritzensysteme unterscheidet sich statistisch signifikant (s. Tabelle 6). Die mittlere Dauer ist bei Citoject und Softject länger als bei Ultraject. Ursache hierfür ist die größere Menge applizierten Anästhetikums (s. Tabelle 5). Zwischen Softject und Citoject lässt sich kein statistisch signifikanter Unterschied nachweisen (p- Wert 0.530)

Tabelle 6: Bei den verglichenen Spritzensystemen war bei der Dauer der Anästhesie und bei der Einschränkung der Dispositionsfähigkeit des Patienten ein signifikanter Unterschied feststellbar.

Dauer der Anästhesie	Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject		Dosierhebel-Spritze Citoject		Dosierrad-Spritze SoftJect	
	Fälle		Fälle		Fälle	
< 30 Minuten	15	15 %	15	14,8 %	14	13,6 %
0,5 – 1 Stunden	80	80 %	39	38,6 %	60	58,3 %
1 – 2 Stunden	5	5 %	44	43,6 %	23	22,3 %
> 2 Stunden	0	%	3	3,0 %	5	4,9 %
Anästhesieversager	0	%	0	%	1	0,9 %
Einschränkung der Dispositionsfähigkeit	100	keine	101	keine	101	keine
	0	> 3 h	0	> 3 h	2	> 3 h

5.1.4 Nachanästhesie bei Nachlassen der Anästhesie

Die durchgeführten, zahnerhaltenden Maßnahmen konnten weitgehend ohne Nachanästhesien durchgeführt werden. Bei einem Patienten zeigten sich Hinweise auf ein Nachlassen der Anästhesie, was wahrscheinlich im direkten Zusammenhang mit der niedrigen Initialdosis (0,2 ml) stand.

5.1.5 Ungewünschte Effekte – Beeinträchtigungen durch die Anästhesie nach Ende der Behandlung

Nach Abschluss der durchgeführten zahnerhaltenden Maßnahmen berichtete ein Teil der Patienten über unterschiedliche Beeinträchtigungen (s. Tabelle 7), die zum Teil im Zusammenhang mit den angewandten Spritzensystemen zu sehen sind.

Tabelle 7: Die von den Patienten berichteten Beeinträchtigungen nach Ende der Behandlung zeigen bei den ungewünschten Effekten (Druckschmerz, Elongation, Vorkontakt) signifikante Unterschiede zwischen den Spritzensystemen.

Genannte Beeinträchtigungen	Pistolen-spritze Ultraject		Dosierhebel-spritze Citoject		Dosierrad-spritze SoftJect		Gesamtzahl 321 Fälle	
	Fälle		Fälle		Fälle		Fälle	
Druckschmerz, Elongation, Vorkontakt	29	29 %	22	21,6 %	13	10,9 %	64	19,4 %
Gewebsveränderungen Drucknekrosen	2	2 %	0	0 %	2	1,7 %	4	1,2 %
Taubheit d. Lippe/Zunge	0	0 %	4	3,9 %	6	5,0 %	10	3,1 %
Allg. Beeinträchtigung	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Einschränkung der Dispositionsfähigkeit	0	0 %	2	2,0 %	2	1,7 %	4	1,2 %

Die üblicherweise unter Leitungs- und Infiltrationsanästhesie auftretenden Beeinträchtigungen – Einschränkung der Artikulation und der Mastikation sowie des Temperaturempfindens – wurden von keinem Patienten angegeben. Das über Stunden eingeschränkte Empfindungsvermögen der Patienten und die Gefahr von thermischen und/oder Bissverletzungen sind bei der intraligamentären Anästhesie nicht gegeben. Ebenso wenig ist die Sprachfunktion beeinträchtigt.

Die Dispositionsfähigkeit der Patienten (hier: Soldaten) ist bei der intraligamentären Anästhesie nicht beeinträchtigt. Die dokumentierten Einschränkungen der Dispositionsfähigkeit stehen im direkten Zusammenhang mit den zusätzlich zur ILA applizierten Leitungsanästhesien.

Von den unter intraligamentärer Anästhesie behandelten Patienten wurde in 64 Fällen von Druckschmerz beziehungsweise einem Elongationsgefühl des anästhesierten Zahnes nach Ende der Anästhesie berichtet, die sich auf die drei Spritzensysteme wie folgt verteilten (Anteil an der Gesamtfallzahl pro System):

- | | | |
|---|----------|-----------|
| • Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject | 29 Fälle | (29,0 %) |
| • Dosierhebelspritze Citoject | 22 Fälle | (21,6 %) |
| • Dosierradspritze SoftJect | 13 Fälle | (10,9 %). |

Bei den generierten ungewünschten Effekten (Druckschmerz, Elongation, Vorkontakt) unterscheiden sich drei verglichenen Spritzensystemen signifikant. (Signifikanzniveau $\alpha = 0.05$). Ursache ist die deutlich geringere Anzahl der Personen, die nach der Verwendung des Softject- Systems einen Druckschmerz angaben.

Die unerwünschten Empfindungen klangen bei den meisten Patienten innerhalb von 24 Stunden ab und wurden wahrscheinlich durch zu schnelle Injektion des Anästhetikums ins Ligament des zu behandelnden Zahnes oder zu hohen Injektionsdruck generiert, was mit Pistolen- und Dosierhebelspritzen leichter möglich ist als mit Dosierradspritzen. Durch das Dosierrad lässt sich mit geringerem Druck und damit „schonender“ applizieren.

Bei der Dauer der mit den angewandten Spritzensystemen generierten unerwünschten Nebeneffekte (Druckschmerz, Elongationsgefühl), die länger als einen Tag anhielten, unterschieden sich die Instrumentarien ebenfalls signifikant:

- | | | |
|---|---------|----------|
| • Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject | 7 Fälle | (7,0 %) |
| • Dosierhebelspritze Citoject | 9 Fälle | (8,8 %) |
| • Dosierradspritze SoftJect | 2 Fälle | (1,7 %). |

5.1.6 Zustand nach Abschluss der Behandlung

Im Rahmen des definierten Spritzensystem-Vergleichs

- Pistolenspritze mit Druckbegrenzung Ultraject
- Dosierhebelspritze Citoject
- Dosierradspritze SoftJect

sollte geklärt werden, ob die intraligamentäre Anästhesie mit Blick auf die erforderliche Anästhesietiefe und -dauer ausreichend für die zahnerhaltende Behandlung ist, zusätzlich jedoch für den Patienten Vorteile beinhaltet und ob die in der Literatur beschriebenen ungewünschten Effekte auch im Zusammenhang mit den angewandten Instrumentarien zu sehen und dadurch als iatrogen zu bewerten sind.

Nach Abschluss der Behandlung wurde das Befinden des Patienten ohne Suggestivfragen erfragt und dokumentiert. Die meisten Patienten zeigten sich von der für sie weitgehend neuen Lokalanästhesiemethode angenehm überrascht und vom Ergebnis der intraligamentären Anästhesie positiv angetan. Angenehm bemerkt wurde, dass nur der Zahn betäubt war, der behandelt wurde und nach Abschluss der Behandlung praktisch keine Beeinträchtigungen durch die Anästhesie gegeben waren.

Da die Patienten jeweils nur mit einem Spritzensystem konfrontiert wurden, waren die Reaktionen auch immer nur auf das angewandte Spritzensystem bezogen. Als typisch für die drei verschiedenen Apparaturen wurden folgende Reaktionen dokumentiert:

Pistolenspritze: Das Aussehen beeindruckte die Patienten – einige empfanden diese Spritze als furchteinflößend („...wie eine Waffe...“).

Dosierhebelspritze: Optisch wurde dieses Injektionssystem kaum wahrgenommen. Das ungewohnte „Klicken“ verunsicherte einige Patienten in der Anfangsphase.

Dosierradspritze: Dieses Spritzensystem wurde optisch akzeptiert. Die Anwendung wurde weitgehend positiv kommentiert („...sieht gar nicht aus wie eine Spritze...“).

Die mit den drei Spritzensystemen erreichten Effekte waren hinsichtlich des Anästhesieerfolgs und auch der Anästhesiedauer sehr ähnlich.

Bei den Nebenwirkungen (Druckschmerz, Elongationsgefühl) und der Dauer derselben wurden Unterschiede festgestellt, die zeigen, dass durch Spritzen ohne zwischengelagerte Hebelsysteme der für die intraligamentale Injektion erforderliche Druck besser den individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten angepasst werden kann.

Die in 4 Fällen initial diagnostizierten Gewebsveränderungen (Drucknekrosen) hatten sich innerhalb einer Woche zurückgebildet; alle Patienten waren danach ohne pathologischen Befund.

5.2 Schmerzausschaltung vor zahnerhaltenden Maßnahmen

In Rahmen der vorliegenden Observationsstudie war auch die Frage zu beantworten, ob die intraligamentale Injektion eine uneingeschränkte Schmerzausschaltung vor zahnerhaltenden Maßnahmen ermöglicht, d. h. für die anstehenden Behandlungen bei allen Zähnen eine ausreichende Analgesie zu erreichen.

Nach Abschluss der intraligamentalen Injektionen zeigte sich im Gingivalsaum eine deutliche Ischämie als Zeichen der vasokonstriktorischen Wirkung des Adrenalins (s. Abbildungen 9a und 9b). Sofort nach der intraligamentalen Injektion war die Blutungstendenz der Gingiva reduziert, aber durchaus nicht ausgeschlossen.

Ohne beziehungsweise mit nur geringer Latenzzeit war nach Aussage der Patienten die Anästhesie nach Abschluss der intraligamentalen Injektionen ausgeprägt, sodass die Behandlung ohne Wartezeit beginnen konnte. Durch Kälte/Wärme-Test und Sondierungen vor Beginn der Behandlung wurde überprüft, ob das erreichte Niveau der Schmerzausschaltung für die beabsichtigten zahnmedizinischen Maßnahmen ausreichend war. Die erreichte intraligamentäre Anästhesie war überwiegend ausgeprägt und für die indizierte Behandlung ausreichend tief (s. Tabelle 2 Teil 1).

Injektionsschmerz wurde bei der primären Injektion mit der

- | | | |
|-------------------------------|------------------|----------|
| • Pistolenspritze Ultraject | von 13 Patienten | (13 %) |
| • Dosierhebelspritze Citoject | von 14 Patienten | (13,7 %) |
| • Dosierradspritze SoftJect | von 16 Patienten | (13,4 %) |

registriert. Er wurde von den Patienten als leichter Einstichschmerz angegeben, der sofort nach Beginn der Applikation des Anästhetikums verschwunden war. Zur Reduzierung der Empfindlichkeit des Gingivalsaums wird empfohlen (Zugal 2001; Glockmann und Taubenheim 2002), vor der Insertion der Kanüle in den Desmodontalspalt einen Tropfen Anästhetikum an der Stelle des Sulkus abzulegen, wo die Insertion erfolgen soll (s. Abbildung 3). Dies ist besonders mit der Dosierrad-Spritze leicht durchzuführen (Zugal 2002).

Durch intraligamentale Nachinjektionen konnten fast alle unvollständigen intraligamentären Anästhesien (59 Fälle = 18,4 %) komplettiert werden. Dadurch konnte eine Erfolgsquote von 99,4 % erreicht werden. In zwei Fällen wurde versucht, eine vollständige Schmerzausschaltung durch Leitungsanästhesien zu erreichen, was in einem Falle erfolgreich war, ein Fall wurde als vollständiger Anästhesieversager dokumentiert.

5.3 Signifikanzberechnungen

Beim Systemvergleich der beschriebenen drei Injektionsapparate für die ILA sollten durch Signifikanzberechnungen die dokumentierten Ergebnisse bewertet werden.

Bei der Quote der Anästhesieversager, d. h. der Primärinjektionen, die Nachinjektion erforderten, gab es keine signifikanten Unterschiede.

Die im Vergleich mit Leitungs- und Infiltrationsanästhesie minimalen Einschränkungen der Dispositionsfreiheit nach Ende der Behandlung sind auf die konventionellen Nachinjektionen zur Komplettierung zurückzuführen.

Bei den ungewünschten Effekten, speziell Druckschmerz, Elongationsgefühl und Vorkontakt nach Abklingen der intraligamentären Anästhesie und der Dauer derselben, sind die mit der Dosierrad-Spritze erzielten Ergebnisse signifikant besser.

Tabelle 8: Die signifikant weniger ungewünschten Effekte, speziell Druckschmerz und Elongationsgefühl, nach Abklingen der Analgesie und deren Dauer, bei Anwendung der Dosierrad-Spritze, erklären sich durch die Kraftübertragung ohne zwischengelagerte Hebel.

Zu betrachtende Aspekte	Pistolenspritze mit Druckbegrenzung	Dosierhebel-Spritze	Dosierrad-Spritze	Signifikanzen
Anästhesieversager Primärinjektion	17 %	19,8 %	18,2 %	keine
Dispositionsfähigkeit nach ILA	100 %	98 %	98 %	keine
Erforderliche Anästhetikamenge	Ø 0,64 ml	Ø 0,70 ml	Ø 0,59 ml	keine
Ungewünschte Effekte: - Elongation etc.	29 %	21,6 %	10,9 %	Effekte generiert mit Dosierrad-Spritze signifikant niedriger
Dauer der ungewünschten Effekte > 1 Tag	24,1 %	40,9 %	15,4 %	Effekte generiert mit Dosierrad-Spritze signifikant niedriger

6 Diskussion

Die Ergebnisse dieses prospektiven Vergleichs der intraligamentären Anästhesie (ILA) bei Verwendung von Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung, Dosierhebel-Spritzen und Dosierad-Spritzen zeigen, dass bei allen dokumentierten Maßnahmen der Zahnerhaltung des Einzelzahnes diese Möglichkeit der Schmerzausschaltung Vorteile für den Behandler und vor allem den Patienten hat.

Die dokumentierten Ergebnisse legen dar, dass die intraligamentäre Anästhesie – lege artis angewandt – bei angezeigten zahnerhaltenden Maßnahmen am Einzelzahn uneingeschränkt als primäre Methode angewandt werden kann. Unter Betrachtung der ungewünschten Effekte und der Einschränkungen für die Patienten durch die konventionellen Methoden der zahnärztlichen Lokalanästhesie, d. h. Leitungs- und Infiltrationsanästhesie, kann diese Lokalanästhesiemethode bevorzugt und die konventionellen Methoden für die genannte Indikation nur noch angewandt werden, wenn die ILA nicht zum Erfolg geführt hat.

Die sehr hohe Erfolgsquote von nahezu 100 % – unabhängig vom Injektionssystem – ist sicher auch damit zu erklären, dass pro Wurzel mindestens immer 0,2 bis 0,3 ml sehr langsam appliziert wurden. Dies führte dazu, dass die Anästhesie meistens bereits initial sehr ausgeprägt – aber eng begrenzt – und von ausreichend langer Dauer war (insgesamt im Durchschnitt 56,1 Minuten). Im Verhältnis mit den konventionellen Lokalanästhesiemethoden Leitungs- und Infiltrationsanästhesie ist die Beeinträchtigung der Patienten als sehr gering anzusehen. Keiner der behandelten Patienten fühlte sich in seiner Dispositionsfreiheit durch die intraligamentäre Anästhesie eingeschränkt. Viele Patienten wünschten nach Abschluss der Behandlung, dass sie zukünftig nur noch unter ILA behandelt werden.

Im Vergleich mit Leitungs- und Infiltrationsanästhesie sind die dokumentierten Applikationsmengen von durchschnittlich 0,67 ml Anästhetikum bei der ILA für alle Zähne im Ober- und im Unterkiefer ebenfalls sehr gering.

Die Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung suggerieren dem behandelnden Zahnarzt, ein Spritzensystem mit einer eingebauten Sicherung anzuwenden, mit dem –

unabhängig vom eigenen Injektionsverhalten – die Applikation des Anästhetikums immer „patientenfreundlich“ erfolgt, d. h. keine ungewünschten Effekte generiert werden können.

Die im Rahmen der Studie angewandte Pistolenspritze hat eine Druckbegrenzung von 120 Newton (N). Umgerechnet auf die Fläche, auf die der Druck ausgeübt wird, d. h. der Innendurchmesser der 0,3-mm-Kanüle, bedeutet dies einen Injektionsdruck von circa 3,2 MegaPascal (MPa), bei 100 N immer noch etwa 2,7 MPa (Taubenheim 2005, Zugal et al. 2005).

Der Gewebswiderstand, der bei der intraligamentalen Injektion überwunden werden muss, hängt von den anatomischen Gegebenheiten an der Injektionsstelle ab. Um ungewünschte Effekte, vor allem Druckschmerz und Elongationsgefühl nach Abklingen der Anästhesie aber auch Gewebsreaktionen (Drucknekrosen) zu vermeiden, muss dem Gewebe ausreichend Zeit gegeben werden, das applizierte Anästhetikum zu resorbieren.

Die injizierte Menge des Lokalanästhetikums darf also nicht größer sein, als vom Gewebe resorbiert werden kann, entsprechend muss der Injektionsdruck angepasst werden, was nur über die Injektionszeit gut gesteuert werden kann. In direkten Gewebskontakt wurde von Tobien und Schulz (2000) der Gewebswiderstand bei der intraligamentalen Injektion gemessen. Zur Injektion wurden Dosierrad-Spritzen angewandt, mit denen der Gewebswiderstand „gefühlte“ werden konnte. Bei einer Injektionszeit von 20 Sekunden für die Injektion von 0,2 ml war der gemessene (zu überwindende) Gewebswiderstand und entsprechend der erforderliche Injektionsdruck etwa 0,1 MPa.

Beim Vergleich der beiden Werte

Spritzen-Druckbegrenzung 120 N	= etwa 3,2 MPa
Injektionsdruck für 0,2 ml in 20 s	= etwa 0,1 MPa

ist leicht zu erkennen, dass der mögliche Injektionsspielraum keinesfalls ausgenutzt werden sollte, da durch den maximal möglichen Injektionsdruck verursachte ungewünschte Effekte dann iatrogen bedingt sind.

Die Dosierhebelspritzen, ebenfalls mit einem integrierten mehrstufigen Hebelsystem, gestatten es dem Behandler gleichfalls nur bedingt, den bei der intraligamentalen Injektion zu überwindenden Gewebswiderstand genau zu erspüren. Die applizierte Menge pro Hub ist zwar mit 0,06 ml deutlich geringer, aber auch bei diesem Injektionssystem ist der behandelnde Zahnarzt in der Lage, den anatomisch bedingten Gegendruck durch eigenen Injektionsdruck leicht zu überwinden und dadurch möglicherweise das Gewebe zu schädigen oder den Zahn in der Alveole zu bewegen, was zu den bekannten Effekten Elongationsgefühl und/oder Druckschmerz nach abklingen der Anästhesie führt. In seltenen Fällen kann es sogar zu Ampullenbrüchen kommen (Frenkel 1990). Auch bei diesem Spritzensystem wird dem Behandler suggeriert – durch den Namen Citoject (citus = schnell) – „schnell“ zu injizieren. Der Behandler hat – bedingt durch das Hebelsystem – keinen direkten Kontakt zur oralen Anatomie seines Patienten und kann deswegen auch nicht den eigenen Injektionsdruck anpassen, wenn dies – entsprechend den individuellen anatomischen Verhältnissen des Patienten – erforderlich wäre. Dies erklärt auch die bei diesem Injektionssystem vom Behandler häufiger festgestellten ungewünschten Effekte.

Die Dosieradspritzen ohne zwischengelagerte Hebel gestatten es dem Behandler, den zu überwindenden Gewebswiderstand direkt in seinem Daumen (oder Zeigefinger) zu spüren und den von ihm aufzubauenden Injektionsdruck den individuellen anatomischen Verhältnissen des Patienten gut anzupassen. Die in der Literatur der 80er und 90er Jahre des letzten Jahrhunderts beschriebenen „unwanted effects“ sind wahrscheinlich auf heute als obsolet zu betrachtende Spritzensysteme zurückzuführen und damit iatrogen und nicht methodenimmanent.

Die relativ hohe Zahl von 64 Patienten (19,4 % der Fälle), die nach Abklingen der ILA einen reversiblen Druckschmerz des anästhesierten Zahnes feststellten, ist im Zusammenhang mit dem Zustand des Gewebes zu sehen, in das das Anästhetikum intraligamental injiziert wird. Bei gesundem Gewebe ist der Gewebswiderstand,

gegen den das Anästhetikum intraligamental appliziert werden muss, relativ hoch. Wie bereits erwähnt, haben Tobien und Schulz (2000) am frischen Schweinekiefer mit Dosierad-Spritzen bei einer Injektion von 0,2 ml in 20 Sekunden einen Widerstand von $<0,1$ MPa gemessen.

Parodontal vorgeschädigtes Gewebe ist weniger dicht als gesundes Parodontalgewebe, sodass das Anästhetikum gegen geringeren Widerstand in das Gewebe gedrückt wird. Bei mehrwurzeligen Zähnen ist deshalb die Injektionszeit tatsächlich zu verlängern auf >20 Sekunden bei der 2. Wurzel und ggf. bei einer 3. Wurzel auf ≥ 25 Sekunden (Taubenheim 2005, Weber 2005, Zugal et al. 2005). Bei einer kürzeren Injektionszeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer – wenn auch minimalen – Bewegung des Zahnes in der Alveole kommt, gegeben. Während der intraligamentalen Injektion wird ein Flüssigkeitsvolumen ($\sim 0,2$ ml pro Wurzel) in einen Raum gepresst, der bereits vollständig ausgefüllt ist. Da Flüssigkeiten inkompressibel sind, kommen als Rückwirkung primär nur eine Dehnung des Alveolarfaches oder eine Verlagerung des periodontalen Flüssigkeitspolsters nach Art eines hydraulischen Druckausgleichs in Betracht. Andererseits ist es möglich, dass der Zahn durch das injizierte Volumen, wie bei einem periodontalen Ödem, aus der Alveole herausgehoben wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass es dadurch zu einer Reizung der den Zahn umgebenden Nervenendigungen kommt. Diese Vorgänge werden allerdings von der schnell einsetzenden Lokalanästhesie durch Ausbreitung der Anästhetikallösung in den benachbarten Knochen überlagert (Huber und Wilhelm-Höft 1988).

Die dokumentierten signifikanten Unterschiede (Tabelle 7) dieser „unwanted effects“ zwischen den drei verglichenen Spritzensystemen (29 Fälle mit der Ultraject, 22 Fälle mit der Citoject und 13 Fälle mit der SoftJect) und deren Dauer zeigen, dass auch bei einer behutsamen Anwendung der Pistolen- und der Dosierhebelspritze das Risiko, mit einem Druck zu injizieren, der den anatomischen Verhältnissen des Patienten nicht ausreichend genug angepasst ist, groß ist.

Die dokumentierten Reaktionen der Patienten zeigen, dass auch die Form der am Patienten angewandten Instrumente von diesem „gefühl“ wird. Bei der sehr voluminösen Spritze in Pistolenform zeigten sich viele Patienten „beeindruckt“.

Durch den positiven Effekt der intraligamentären Anästhesie wurde dieser erste Eindruck jedoch weitgehend überdeckt.

Bei der angewandten Dosierhebelspritze Citoject – die für praktisch alle Patienten ebenfalls unbekannt war – war der erste Eindruck der Patienten eher positiv-interessiert. Bei der Anwendung zeigten sich einige sensible Patienten durch das typische „Klicken“ der Hubbewegung des Dosierhebels irritiert, was aber problemlos zu erklären war und akzeptiert wurde.

Die Dosierradspritze SoftJect erforderte keine technischen Erklärungen, vielmehr zeigten sich die Patienten neugierig-interessiert, was sich auch positiv auf die „vom Behandler gefühlte“ Compliance auswirkte.

Anwendungstechnisch bestehen große Unterschiede für den Behandler: Sowohl mit der Ultraject als auch mit der Citoject erfordert es ein hohes Maß an Geschick, distale Injektionspunkte im Seitenzahnbereich sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer zu erreichen. Die Hubbewegungen mit der Dosierhebelspritze sind dort nur sehr schwierig durchzuführen.

Wenn man gelernt hat, die Dosierradspritze SoftJect richtig anzufassen und zu handhaben, was in einer kurzen Übungszeit problemlos zu erlernen ist, ermöglicht dieses Spritzensystem sehr punktgenaue und präzise an die Patienten-gegebenheiten angepasste intraligamentale Injektionen. Dieses Spritzensystem liegt trotz des relativ großen Gewichts von 130 Gramm gut in der Hand und ist – auch dank der ergonomischen Form – gut zu führen.

Durch eine leichte Angulation der Kanüle können auch distale Injektionspunkte im Seitenzahnbereich leicht erreicht werden (Dirnbacher 2002).

Die drucksensible intraligamentale Injektion und der präzise Aufbau des Injektionsdrucks und dessen Abbau zum Ende der Injektion ist durch das Dosierrad dieses Spritzensystems problemlos möglich (s. Abb. 10).



Abbildung 10: Das Dosierrad ermöglicht eine punktgenau und den individuellen Verhältnissen des Patienten angepasste präzise Applikation auch von Anästhetikamengen $<0,01$ ml (Tropfen).

Durch Zurückdrehen des Dosierrades wird der aufgebaute Druck wieder abgebaut und so verhindert, dass Anästhesiemittel in den Mund des Patienten fließt und dort einen unangenehmen Geschmack hinterlässt (Zugal 2001).

Im direkten Vergleich der drei Injektionssysteme Ultraject, Citoject und Softject hat sich die Dosieradspritze als sehr sensibles und gut zu führendes Instrumentarium erwiesen und bestätigt die Erfahrungen anderer Autoren (Zugal 2001, Dirnbacher 2002, Weber 2005). Mit den beiden anderen genannten Injektionssystemen ist die intraligamentäre Anästhesie ebenfalls weitgehend zu erreichen, jedoch ist es mit

diesen Spritzensystemen wegen der Technologie der Kraftübertragung dem Behandler viel eher möglich, ungewünschte Effekte zu generieren. Diese ungewünschten Effekte sind somit nicht als methodenimmanent der ILA zuzuordnen, sondern als iatrogen bedingt zu betrachten.

7 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des durchgeführten Vergleichs der aktuell für intraligamentale Injektionen angewandten mechanischen Injektionsapparate bestätigen die Ergebnisse von Glockmann (1997), Glockmann et al. (1998), Zugal (2001), Dirnbacher (2002) und Weber (2006). Die intraligamentäre Anästhesie ist für zahnerhaltende Maßnahmen am Einzelzahn als primäre Methode der Schmerzausschaltung einzustufen und den beiden konventionellen Lokalanästhesiemethoden Leitungs- und Infiltrationsanästhesie hinsichtlich

- Anästhesieerfolg und Latenzzeit
- ausreichender Anästhesiedauer, die leicht durch Nachinjektionen verlängert werden kann
- Anästhetikummenge zur Erreichung der Schmerzfreiheit
- Einschränkung der Dispositionsfähigkeit der behandelten Patienten nach Abschluss der Behandlung

mindestens vergleichbar.

Für extensive chirurgische Eingriffe kann die intraligamentäre Anästhesie durch die eng begrenzte Ausbreitung des injizierten Anästhetikums und die relativ kurze Dauer der Anästhesie die Anforderungen nicht erfüllen.

Mit dem ILA-Injektionssystem der dritten Generation (Dosierrad-Spritze) steht ein Instrumentarium zur Verfügung, das es dem Zahnarzt ermöglicht, unter präzise zu kontrollierenden Bedingungen schonend, sicher und weitgehend ohne Anästhesieversager für nahezu alle zahnärztlichen Behandlungen ausreichende Schmerzausschaltung zu erreichen. Dem Behandler ermöglicht dieses Instrumentarium – zusätzlich zu den technischen Aspekten der beiden anderen verglichen Spritzensysteme – den Injektionsdruck präziser den individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten anzupassen und denselben zum Ende der Injektion durch Rückdrehen des Dosierrads wieder abzubauen, wodurch verhindert werden kann, dass unbeabsichtigt Anästhetikum in den Mund des Patienten läuft.

Wegen der geringeren Häufigkeit der unerwünschten Nebenwirkungen bei Anwendung der Dosierradspritzen muss die eingangs aufgestellte Hypothese, dass keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen der ILA mit verschiedenen Injektionsapparaten bestehen, für dieses Beurteilungskriterium verneint werden. Trotzdem sind zur Erreichung einer erfolgreichen intraligamentären Lokalanästhesie des Einzelzahns sowohl Pistolenspritzen mit Druckbegrenzung als auch Dosierhebel- und Dosierradspritzen geeignet. Ihre Vorzüge und Grenzen sollten vom Anwender der intraligamentären Anästhesie selbst in Erfahrung gebracht werden, um diese Methode dann, wo immer es möglich ist, als primäre Methode der Scherzausschaltung in der Zahnheilkunde anzuwenden.

8 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Ausbreitung des Anästhetikums
Abbildung 2:	Die Kanülenspitze wird entlang des Zahnhalses etwa 1 bis 2, maximal 3 mm in den Parodontalspalt vorgeschoben
Abbildung 3:	Applikation eines Tropfens Anästhetikum zur Oberflächenanästhesie vor Eindringen der Kanüle
Abbildung 4:	Pistolen-Spritzen ohne Druckbegrenzung
Abbildung 5:	Pistolen-Spritzen mit Druckbegrenzung 120 N
Abbildung 6:	Dosierhebelspritzen Citoject und Paroject
Abbildung 7:	Spritzensystem <i>Citoject</i> mit Dosierflügel und integriertem Hebelsystem
Abbildung 8a:	Zeichnung Dosierrad-Spritze SoftJect
Abbildung 8b:	Dosierrad-Spritze SoftJect ohne zwischengelagerte Hebel
Abbildung 9a:	Parodontium vor Applikation des Anästhetikums.
Abbildung 9b:	Typische Ischämie während der intraligamentalen Injektion.
Abbildung 10:	Das Dosierrad ermöglicht eine punktgenau und den individuellen Verhältnissen des Patienten angepasste präzise Applikation auch von Anästhetikamengen <0,01 ml (Tropfen).

9 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Übersicht über die mittels ILA anästhesierten Zähne unter Beachtung der benutzten Injektionsapparate. 72,4 % der intraligamentär anästhesierten Zähne befanden sich im Unterkiefer.
- Tabelle 2: Zusammenfassung der pro Patient dokumentierten Daten für die drei verglichenen Spritzensysteme. Die große Häufigkeit männlicher Patienten ergibt sich durch den Behandlungsstandort Bundeswehr.
- Tabelle 3: Skala der Feststellung der Sensibilität und der Schmerzempfindung nach lokalanästhetischer Injektion.
- Tabelle 4: Mittels intraligamentaler Injektionen ist es möglich, in nahezu allen angezeigten Fällen eine für die Behandlung ausreichende Analgesie zu erreichen.
- Tabelle 5: Erforderliche Anästhetikamenge zur Erreichung einer ausreichenden Lokalanästhesie.
- Tabelle 6: Bei den verglichenen Spritzensystemen war bei der Dauer der Anästhesie und bei der Einschränkung der Dispositionsfähigkeit des Patienten ein signifikanter Unterschied feststellbar.
- Tabelle 7: Die von den Patienten berichteten Beeinträchtigungen nach Ende der Behandlungen zeigen bei den ungewünschten Effekten (Druckschmerz, Elongation, Vorkontakt) signifikante Unterschiede zwischen den Spritzensystemen.
- Tabelle 8: Die signifikant weniger ungewünschten Effekte, speziell Druckschmerz und Elongationsgefühl, nach Abklingen der Analgesie und deren Dauer, bei Anwendung der Dosierrad-Spritze, erklären sich durch die Kraftübertragung ohne zwischengelagerte Hebel.

10 Literaturverzeichnis

1. Bourdain C-L. 1925. L'Anesthésie par l'injection intra-ligamentaire pour l'extraction des dents. Thèse de Doctorat, Editions de la Semaine Dentaire, Paris.
2. Brännström M, Nordenvall K-J, Hedström KG. 1982. Periodontal tissue changes after intraligamentary anesthesia. *Journal of Dentistry for Children*, 49: 417-423.
3. Brännström M, Lindskog S, Nordenvall K-J. 1984. Enamel hypoplasia in permanent teeth induced by periodontal ligament anesthesia in primary teeth. *J Am Dent Assoc*, 109: 735-736.
4. Brandau R. 1994. Angst vor der intraligamentären Anästhesie – beim Patienten oder Behandler? *ZMK*, 10: 48-49.
5. Castagnola L, Chenaux G, Colombo A. 1976. Die intraligamentäre Anästhesie mit der „Peripress“-Spritze. *Schw Monatsschr Zahnmed*, 11: 1165.
6. Die Quintessenz, 1980; 31: 11-16.
7. Cawson RA, Curson I, Whittington DR. 1983. The hazards of dental local anesthetics. *Br Dent J*, 154: 253-258.
8. Chompret L. 1920. Anesthésie par injections intraligamenteuses. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*, 6: 309-312.
9. Cowan A. 1986. A clinical assessment of the intraligamentary injection. *Br Dent J*, 161: 296-298.
10. Davidson L, Craig S. 1987. The use of the periodontal ligament injection in children. *J Dent*, 15: 204-208.
11. Dirnbacher T. 2002. ILA vs. Leitungs- und Infiltrationsanästhesie in der Praxis [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

12. Dirnbacher T, Taubenheim L, Will J. 2002. Differential-Diagnose unklarer pulpitischer Beschwerden. Wehrmed Mschr, 46 (2-3): 56-57.
13. Dirnbacher T. 2003. Schmerzausschaltung – sind Leitungs- und Infiltrationsanästhesie noch vertretbar? Wehrmed Wehrpharm, 2: 90-95.
14. Dirnbacher T, Glockmann E, Taubenheim L. 2003. Welche Anästhesie ist die richtige. Zahnärztl Mitt, 23: 44-51.
15. Dirnbacher T, Taubenheim L. 2005. Erfolgreiche intraligamentäre Anästhesie: Instrumente – Anästhetika – Methoden-Beherrschung. Wehrmed Mschr, 49 (9): 202-206.
16. Dirnbacher T, Weber M. 2006. Dispositionsfähigkeit der Truppe nach zahnärztlicher Lokalanästhesie – Teil 1. Wehrmed Wehrpharm, 2: 82-84.
17. Dirnbacher T, Weber M. 2006. Dispositionsfähigkeit der Truppe nach zahnärztlicher Lokalanästhesie – Teil 2. Wehrmed Wehrpharm, 4: 20-26.
18. Einwag J. 1982. Die intraligamentäre Anästhesie im Kindes- und Jugendalter. Dtsch Zahnärztl Z, 37: 874-876.
19. Einwag J. 1985. Die intraligamentäre Anästhesie. Zahnärztl Mitt, 75: 693-695.
20. Erlemeier E-M. 1991. Aktuelle Aspekte der intraligamentären Anästhesie. Die Quintessenz, 42: 471-481.
21. Evers H, Haegerstam G, Hrsg. 1991. Zahnärztliche Lokalanästhesie. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
22. Fleiner B, Terheyden H. 1991. Zum Problem der "Anästhesieversager". Dtsch Zahnärztl Z, 46: 788-790.
23. Frenkel G. 1990. Möglichkeiten und Grenzen der intraligamentären Anästhesie. In: Zahnärztliche Lokalanästhesie heute. Zwei Jahrzehnte Articain. Aktuelles Wissen Hoechst.

24. Frenkel G. Hrsg. 1997. Die ambulante Chirurgie des Zahnarztes. 2. Aufl. München - Wien: Carl Hanser Verlag.
25. Fuhs QM, Walker WA, Gough RW, Schindler WG. 1983. The Periodontal Ligament Injection: Histological Effects on the Periodontium in Dogs. J Endod, 9: 411-415.
26. Gabka J, Hrsg. 1986. Komplikationen und Fehler bei der zahnärztlichen Behandlung. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag.
27. Galili D, Kaufman E, Garfunkel AA, Michaeli Y. 1984. Intraligamentary anesthesia – a histological study. Int J Oral Surg, 13: 511-516.
28. Garfunkel AA, Kaufman E, Marmary Y, Galili D. 1983. Intraligamentary – intra-osseous anaesthesia. A radiographic demonstration. Int J Oral Surg, 12: 334-339.
29. Garfunkel AA, Kaufman E, Galili D. 1985. Intraligamentary anesthesia (transligamentary anesthesia) for health compromised patients. Gerodontology, 1: 63-64.
30. Giovannitti JA, Nique TA. 1983. Status report: the periodontal ligament injection. J Am Dent Assoc, 106: 222-224.
31. Glockmann E. 1997. Schmerzreduktion und Schmerzausschaltung bei der zahnerhaltenden Therapie. In: Aktuelles Wissen Hoechst, 43-53.
32. Glockmann E, Glockmann I, Kulick R, Apostel G. 1998. Schmerzreduktion und Schmerzausschaltung bei der Kavitätenpräparation und endodontischen Therapie – Klinische Erfahrungen mit der intraligamentären Anästhesie. In: 20 Jahre Ultracain. Aktuelles Wissen Hoechst, 135-144.
33. Glockmann E, Taubenheim L, Hrsg. 2002. Die intraligamentäre Anästhesie. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag.

34. Glockmann E, Dirnbacher T, Taubenheim L. 2005. Die intraligamentäre Anästhesie – Alternative zur konventionellen Lokalanästhesie? Die Quintessenz, 56 (3): 207-215.
35. Glockmann E, Weber M, Taubenheim L. 2007. Schmerzausschaltung vor Vitalexstirpation. Endodontie, 16 (3): 197-204.
36. Gray RJM, Lomax AM, Rood JP. 1987. Periodontal ligament injection: with or without a vasoconstrictor? Br Dent J, 162: 263-265.
37. Grund P, Raab WH-M, Martin S. 1992. Die Infiltrationsanästhesie – Veränderungen von Pulpadurchblutung und Schmerzschwelle. Dtsch Zahnärztl Z, 47: 262-265.
38. Grundy JR. 1984. Intraligamentary anaesthesia. Rest Dent, 1: 36-42.
39. Harnisch H. 1981. Aktuelle Fragen der Lokalanästhesie. Zahnärztl Welt, 90: 28-29.
40. Hassebrauck S. 1987. Histologie der parodontalen Gewebe des Beagle-Hundes nach intraligamentärer Injektion [Dissertation]. Marburg: Philipps-Universität.
41. Heizmann R. 1987. Die intraligamentale zahnärztliche Lokalanästhesie im Vergleich zu den üblichen Anästhesieformen bei der Zahnextraktion [Dissertation]. Berlin: Freie Universität.
42. Heizmann R, Gabka J. 1994. Nutzen und Grenzen der intraligamentären Anaesthesia. Zahnärztl Mitt, 84: 46-50.
43. Huber HP, Wilhelm-Höft C. 1988. Auswirkungen der intraligamentären Anästhesie auf die Zahnbeweglichkeit. Dtsch Zahnärztl Z, 43: 313-316.
44. Husen van N, Horn A, Wagner H. 2002. Krankheiten des Herzens. In: Wagner H, Husen van N. Hrsg. Innere Medizin für Zahnmediziner. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag.

45. Hüttemann RW, De Felice W. 1985. Untersuchung zur Druckkraft bei der Lokalanästhesie. Zahnärztl Welt/Reform, 94: 628-631.
46. Kaufman E, Galili D, Garfunkel AA. 1983. Intraligamentary anesthesia: A clinical study. J Prosth Dent, 49: 337-339.
47. Kaufman E, Weinstein P, Milgrom P. 1989. Difficulties in achieving local anaesthesia. J Am Dent Assoc, 108: 205-208.
48. Khedari AJ. 1982. Die intraligamentäre Anästhesie als Alternative zur Leitungsanästhesie im Unterkiefer. Die Quintessenz, 12: 2457-2464.
49. Knirsch W, Adam M, Vogel R, Lange PE, Finke Ch. 1999. So erkennen und schützen Sie Ihren Endokarditis-Risikopatienten. Zahnärztl Mitt, 89: 46-51.
50. Leilich G, Arndt R, Frenkel G. 1985. In-vivo-Messungen zur Ermittlung der bei der intraligamentären Injektion angewandten Kräfte. Zahnärztl Welt/Reform, 94: 51-53.
51. Lin L, Lapeyrolerie M, Skribner J, Shovlin F. 1985. Periodontal ligament injection: Effects on pulp tissue. J Endod, 11: 529-534.
52. Littner MM, Tamse A, Kaffe I. 1983. A new technique of selective anesthesia diagnosing acute pulpitis in the mandible. J Endod, 9: 116-119.
53. Malamed SF. 1982. The periodontal ligament (PDL) injection: An alternative to inferior alveolar nerve block. Oral Surgery, 53: 117-121.
54. Marshall M. 2001. Die intraligamentäre Anästhesie mit dem Soft.Ject zur Ermittlung der Praxistauglichkeit [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
55. Müller W, Henne J. 1985. Klinische und experimentelle Untersuchungen zur Einsatzmöglichkeit der terminalen Anästhesie durch Injektion in das periodontale Ligament. Stomatol DDR, 35: 521-527.

56. Pashley DH. 1986. Systemic effects of intraligamental injections. J Endod, 12: 501-504.
57. Plagmann H-Chr, Jagenow U. 1984. Tierexperimentelle Studie zur Reaktion der desmodontalen Gewebe auf intraligamentäre Injektion. Dtsch Zahnärztl Z, 39: 677-682.
58. Plagmann H-Chr. 1987. Möglichkeiten und Grenzen der intraligamentären Anästhesie (ILA). Die Quintessenz, 38; 1711-1721.
59. Rahn R, Hrsg. 2003. Zahnärztliche Lokalanästhesie, forum-med-dent Aventis.
60. Rahn R, Frenkel G, Atamni F, Shah PM, Schäfer V. 1987. Bakteriämie bei intraligamentärer Anästhesie. Zahnärztl Mitt, 74: 2121-2129.
61. Rahn R, Frenkel G, Atamni F, Shah PM, Schäfer V. 1987. Bakteriämie nach intradesmodontaler Anästhesie. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 97: 859-863.
62. Rahn R, Shah PM, Haindl U, Frenkel G. 1987. Intraligamentäre Anästhesie mit druckbegrenzender Spritze. Die Quintessenz, 8: 1329-1336.
63. Rahn R, Frenkel G, Atamni F, Shah PM, Schäfer V. 1988. Bakteriämie bei intraligamentärer Anästhesie. Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir, 12: 272-275
64. Simon DE, Jacobs TL, Senia ES, Walker WA. 1982. Intraligamentary anesthesia: Aid in endodontic diagnosis. Oral Surgery, 54, 77-78.
65. Smith GN, Pashley DH. 1983. Periodontal ligament injection: Evaluation of systemic effects. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 56: 571-574.
66. Smith GN, Walton RE. 1983. Periodontal ligament injection: Distribution of injected solutions. Oral Surgery, 55: 232-238.
67. Smith GN, Walton RE, Abbott BJ. 1983. Clinical evaluation of periodontal ligament anesthesia using a pressure syringe. J Am Dent Assoc, 107: 953- 956.

68. Solisch V. Histologie der parodontalen Gewebe des Beagle Hundes nach wiederholter intraligamentärer Injektion [Dissertation]. Marburg: Philipps-Universität.
69. Schwenzer N, Ehrenfeld M, Hrsg. 2000. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde Band 3: Zahnärztliche Chirurgie. Dritte Aufl. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag.
70. Stoll P, Bührmann K. 1983. Die intraligamentäre Anästhesie bei der Zahnextraktion von Patienten mit hämorrhagischer Diathese. Zahnärztl Welt/Reform, 92: 54-55.
71. Stoll P, Krekeler G, Bührmann K. 1986. Lokale Schmerzausschaltung bei hämorrhagischer Diathese. Dtsch Zahnärztl Z, 41: 405-407.
72. Tagger M, Tagger E, Sarnat H. 1994. Periodontal ligament injection – spread of the solution in the dog. J Endod, 20: 283-287.
73. Taubenheim L. 2005. Statusbericht: Intraligamentale Terminalanästhesie. ZWR, 114 (9): 205-212.
74. Taubenheim L, Glockmann E. 2006. Zahnmedizinische Konsequenzen der Rechtsprechung zur Haftung des Zahnarztes bei Nervschädigung durch Leitungsanästhesie. MedR, 6: 323-330.
75. Tobien V, Schulz D. 2000. Veränderte intradesmodontale Injektion. ZMK, 16: 332-333.
76. Torabinejad T, Peters DL, Peckham N, Rentschler LR, Richardson J. 1993. Electron microscopic changes in human pulps after intraligamental injection. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 76: 219-224.
77. Tsirlis AT, Iakovidis DP, Parissis NA. 1992. Dry socket: Frequency of occurrence after intraligamentary anesthesia. Quintessence International, 23: 575-577.

78. Walton RE, Abbott BJ. 1981. Periodontal ligament injection: a clinical evaluation. J Am Dent Assoc, 103: 571-575.
79. Walton RE, Garnick JJ. 1982. The periodontal ligament injection: histologic effects on the periodontium in monkeys. J Endod, 8: 22-26.
80. Walton RE, Torabinejad M. 1992. Managing local anaesthesia problems in the endodontic patient. J Am Dent Assoc, 123: 97-102.
81. Weber M. 2005. Reduzierung der unerwünschten Nebeneffekte bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernisse für endodontische Maßnahmen [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
82. Weber M, Taubenheim L, Glockmann E. 2006. Schmerzausschaltung vor indizierten endodontischen Behandlungen. ZWR, 10: 421-435.
83. Zugal W. 2001. Die intraligamentäre Anästhesie in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztl Mitt, 91: 46-52.
84. Zugal W, Taubenheim L, Schulz D. 2005. Triade des Anästhesie-Erfolgs: Instrumente - Anästhetika - Methoden-Beherrschung. Stomatol, 102 (1): 9-14.

11 Anhang

Die Datenerfassung erfolgte auf standardisierten Formblättern, die für alle in die Studie involvierten Patienten Anwendung fanden.

11.1 Erhebungsmaterial (Formulare)

Erfassungsbogen intraligamentäre Anästhesie

Behandler	Maria Cside				Tag der Behandlung	
Patient	ID-Nr.:	Geschlecht		Alter	Risikopatient	
		männl. <input type="checkbox"/>	weibl. <input type="checkbox"/> Jahre	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Zu behandelnde Zähne	Datum	1 2			Datum	
	Datum	4 3			Datum	
Vorgesehene Behandlung	Zahn erhaltende Maßnahme			sonstige	Lokal-anästhesie	
	Kons <input type="checkbox"/>	Endo <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> ja	
Angewandtes ILA-Spritzen-System	Pistolen-Spritze Ultraject 120 N <input type="checkbox"/>		Dosierhebel-Spritze Citoject <input type="checkbox"/>		Dosierrad-Spritze SoftJect <input type="checkbox"/>	
Angewandtes Material	systemadaptierte Injektionskanüle 0,3 / 12 mm. extrakurzer Anschliff			4 %ige Articainhydrochlorid-Lösung mit 1 : 200.000 Adrenalinzusatz		
Injektion initial Methode ILA <input type="checkbox"/> Menge ml	Anästhesieeintritt / Überprüfung				Entscheidung über Anästhesie: Behandlungsbeginn möglich	
	Sondierung		Kälte-Wärme-Test			
	Anästhesie ausreichend		Anästhesie ausreichend			
	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Ja jetzt <input type="checkbox"/> ja	Nein später <input type="checkbox"/> nein
Nachinjektion erforderlich Methode <input type="checkbox"/> Infiltrationsan. <input type="checkbox"/> Leitungsanäst. <input type="checkbox"/> ILA Menge ml	Anästhesieeintritt / Überprüfung				Entscheidung über Nachinjektion:	
	nach weiteren 3 Minuten ausreichend		nach 5 Min.		nach 10 Min.	
	ausreichend					
	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Injektionsmenge gesamt	Initial		Nachinjektion		2. Nachinjektion	Gesamtmenge
	..... ml		..... ml		..... ml	..... ml

Teil a

Teil b

Injektionsschmerz	Primärinjektion			Nachinjektion		
	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	
Einschränkung der Dispositionsfähigkeit	keine	< 1 Std.	1 - 2 Std.	2 - 3 Std.	> 3 Std.	.....
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nebeneffekte Genannte / festgest. Beeinträchtigungen	Druck- schmerz	H / K- Belastung	Taubheit Zunge, K, Wange	Artiku- lation behindert	Allgem. Beein- trächtig.	.....
	Zahn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recall	am		Befund			

☐ Patientenaufklärung über Anästhesiemethode(n) ist erfolgt.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. habil. Eike Glockmann für seine wertvollen Ratschläge und für die umfassende wissenschaftliche Betreuung meiner Dissertationsarbeit.

Herrn Lothar Taubenheim danke ich für die tatkräftige Unterstützung und die fachlich konstruktive Diskussion meiner Dissertationsarbeit und Herrn Dr. Christian Heumann als Berater für die statistischen Berechnungen.

Auch bedanke ich mich beim gesamten Team der Zahnarztgruppe Neubiberg und der Zahnarztgruppe Burg, insbesondere bei meinen Helferinnen Annika Junge, Katrin Geue und Birgit Falk.

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch meinem Ehemann Ron Csides und meinen Eltern für deren Unterstützung.

Lebenslauf

Maria Cside

geb. Kolberg

geboren am 14.04.1981 in Nordhausen

Eltern:

Heidrun Kolberg

Hans Kolberg

1987 – 1991

Besuch der Grundschule in Nordhausen

1991 – 1999

Besuch des Wilhelm-von-Humboldt-Gymnasiums in Nordhausen

1999

Erlangung der allgemeinen Hochschulreife

1999

Beginn der Offiziersausbildung

April 2000

Zulassung zum Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München

2005

Erfolgreicher Abschluss der zahnärztlichen Prüfung Staatsexamen

07.03.2005

Erteilung der Approbation als Zahnarzt

15.03.2005

Beförderung zum Stabsarzt und Beginn der kurativen Tätigkeit in der Zahnarztgruppe Neubiberg

02.01.2007

Zahnarztgruppe Burg bei Magdeburg

15.05.2007

Beförderung zum Oberstabsarzt

Ort, Datum

Unterschrift

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

- Prof. Dr. med. dent. Eike Glockmann
- Herr Lothar Taubenheim
- Herr Dr. Christian Heumann,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen (ausgenommen der kostenpflichtigen statistischen Auswertung durch das Statistische Institut der Ludwigs- Maximilians- Universität München),

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Potsdam, den 18.09.2008

Maria Cside

